

**OSWALDO TERUYO IDO**

**DESENVOLVIMENTO RADICIAL E CAULINAR, DE TRÊS  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON,  
EM DOIS SUBSTRATOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. D.Sc. Edelclaiton Daros

**CURITIBA  
2003**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

**PARECER**

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **OSWALDO TERUYO IDO**, sob o título "**DESENVOLVIMENTO RADICIAL E CAULINAR, DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON, EM DOIS SUBSTRATOS**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 18 de Setembro de 2003.

Professor Dr. Eduardo Lima  
Primeiro Examinador

Professor Dr. Hideto Arizono  
Segundo Examinador

Professor Dr. Marcos Vinícius Ribas Milléo  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Amir Pissaia  
Quarto Examinador

Professor Dr. Flávio Zanette  
Quinto Examinador

Professor Dr. Edelclaiton Daros  
Presidente da Banca e Orientador

## **OFEREÇO**

**Com grande amor aos meus saudosos  
Pais, Denjiro Ido e Shizuka Akagui Ido.  
Por me terem DOADO o alicerce da vida,**

## **A EDUCAÇÃO**

**“A vida é um curso obrigatório de filosofia em que somos a um tempo  
alunos e mestres.” (Vitor Caruso)**

**A minha esposa Elizabeth e as  
minhas filhas Gabriela e Camila.  
Com muito amor, por serem a  
razão das minhas lutas e da  
minha vida.**

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Num trabalho desta natureza, torna-se difícil nominar e qualificar a todos aqueles que direta ou indiretamente deram colaboração e contribuíram para a sua execução. De qualquer maneira, queremos expressar nossos mais sinceros agradecimentos:

A Instituição–UFPR/SCA/Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo e o Curso de Pós Graduação em Produção Vegetal, pela confiança e pela oportunidade na realização deste Curso. A ALCOPAR–Associação dos Produtores de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná e as Unidades Produtoras do Setor Sucroalcooleiro do Estado do Paraná, pela manutenção da pesquisa. A empresa SYNGENTA, por ter financiado a construção do rizotron e a manutenção da pesquisa;

Ao Programa Cana-de-açúcar/DFF-SCA-UFPR, pelo apoio e recursos alocados. As Estações Experimentais de Paranavaí e de Bandeirantes bem como a FUNPAR, pelo apoio ao trabalho experimental, aos recursos materiais e humanos colocados à disposição;

Ao Professor Orientador D.Sc. Edelclaiton Daros pela amizade, orientação e ajuda prestada. Aos Professores do Curso de Pós Graduação, pelos ensinamentos e amizade recebidos. Aos Professores D.Sc. Amir Pissaia e D.Sc. José Luis Camargo Zambon, pelas sugestões e correções. Ao colega Engenheiro Agrônomo Dr. Heroldo Weber, pela orientação e auxílio na execução e condução do experimento; bem como ao Prof. M.Sc. Paulo Afonso Graciano;

Aos alunos do Curso de Agronomia e estagiários, Alessandra Accorsi; Edna Ashihara; Patrícia Niele Martins; Pedro Henrique de Medeiros Buso, Rodrigo Seiki Ueda, Rodrigo Strapasson e ao Engº Agrº Ricardo Augusto de Oliveira pela ajuda e colaboração;

Aos funcionários das Estações Experimentais de Paranavaí e Bandeirantes, do SCA-Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, da Biblioteca de Ciências Agrárias, do Laboratório de Fertilidade do Solo, da UFPR, que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

E aqueles, que no anonimato, colaboraram de alguma forma ou me incentivaram à realização do trabalho e o Curso;

À Deus, que permitiu à conclusão desta obra.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

OSWALDO TERUYO IDO, filho de Denjiro Ido (“in memorian”) e Shizuka Akagui Ido (“in memorian”), nasceu no Município de Assaí, Estado do Paraná, em 03 de abril de 1948. É casado com Elizabeth da Silva Ido, com quem tem duas filhas, Gabriela Ido Sabino e Camila da Silva Ido.

Em dezembro de 1970 recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Paraná. Em 1994 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo vinculado ao Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, obtendo em 1997, o grau de Mestre em Ciências, na área de Agronomia - Produção Vegetal.

A maior parte de sua vida profissional dedicou à cultura da cana-de-açúcar. De 1971 a 1977 trabalhou na região de Itajaí - SC, como Extensionista Rural em Cana-de-açúcar, do Projeto Cana-de-açúcar da ACRESC - Serviço de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina. De 1977 a 1980 trabalhou na área de atuação da COPAGRA – Cooperativa Agrária dos Cafeicultores de Nova Londrina SRL, como Gerente do Departamento de Crédito e Assistência Técnica. De 1980 a 1990 trabalhou no Extinto IAA/PLANALSUCAR – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar, em sua Estação Experimental de Paranavaí – PR. Redistribuído em 1990, para o Quadro de Pessoal da Universidade Federal de São Carlos, com vínculo até 1992, com enquadramento de Professor. Desde 1992, redistribuído para o Quadro de Pessoal da Universidade Federal do Paraná, fazendo parte do quadro de Professores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo (DFF) do Setor de Ciência Agrárias, participando como colaborador do Programa Cana-de-açúcar do DFF. Em março de 2000 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba - PR.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE RAÍZES.....	3
2.2 MÉTODO DO RIZOTRON.....	6
2.2.1 História do rizotron.....	8
2.3 FUNÇÕES DO SISTEMA DE RAÍZES.....	11
2.4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICIAL.....	13
2.4.1 Plantio e enraizamento.....	13
2.4.2 Sistema radicial da cana planta.....	15
2.4.3 Sistema radicial da cana socas.....	26
2.5 RELAÇÕES ENTRE CAULE E RAÍZES.....	30
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
<b>4 CAPÍTULO I</b>	
DESENVOLVIMENTO RADICIAL E CAULINAR, DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON, EM DOIS SUBSTRATOS. I – CANA PLANTA.....	51
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	52
4.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS.....	52
4.2.1 Perfilhamento.....	52
4.2.2 Altura das plantas.....	58
4.2.3 Folhas.....	59
4.2.4 Área foliar.....	60
4.3 FITOMASSA DA PARTE AÉREA.....	61
4.3.1 Características agronômicas.....	62

4.3.2 Características tecnológicas.....	64
4.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICIAL.....	66
4.4.1 Comprimento de raízes pelo método do decalque.....	66
4.4.2 Fitomassa seca radicial.....	74
4.5 RELAÇÕES ENTRE RAÍZES E PARTE AÉREA.....	75
<b>4.6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>5 CAPÍTULO II</b>	
DESENVOLVIMENTO RADICAL E CAULINAR, DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON, EM DOIS SUBSTRATOS. II - CANA DE PRIMEIRA SOCA.....	
	79
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>80</b>
5.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	80
5.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS.....	80
5.2.1 Perfilhamento.....	80
5.2.2 Altura das plantas.....	86
5.2.3 Folhas.....	88
5.2.4 Área foliar.....	89
5.3 FITOMASSA DA PARTE AÉREA.....	89
5.3.1 Características agronômicas.....	90
5.3.2 Características tecnológicas.....	92
5.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICIAL.....	94
5.4.1 Comprimento de raízes pelo método do decalque.....	94
5.4.2 Fitomassa seca radicial.....	103
5.5 RELAÇÕES ENTRE RAÍZES E PARTE AÉREA.....	107
5.6 QUANTIDADE DE RAÍZES NA CANA PLANTA E CANA SOCA.....	109
<b>5.7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>112</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>113</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Resultados das análises, química e granulométrica do substrato (A), argiloso e do substrato (B), arenoso, CEEEX-Paranavaí/Bandeirantes, SCA – UFPR, 1999.....	45
TABELA 02 -	Resultados das análises, química do substrato A, argiloso e do substrato B, arenoso, no plantio, CEEEX-Paranavaí/Bandeirantes, SCA – UFPR, 1999.....	46
TABELA 03 -	Valores médios de nove amostragens em profundidade de 200 cm, em extratos de 20 em 20 cm, das análises química dos substratos A, argiloso e B, arenoso, após o corte da cana de 1 <sup>a</sup> soca, CEEEx-Paranavaí/Bandeirantes, SCA – UFPR, SET/2001..	46

### CAPÍTULO I

TABELA 04 -	Resultado das avaliações das características agrônômicas da variedade RB835486, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 1999/2000.....	53
TABELA 05 -	Resultado das avaliações das características agrônômicas da variedade RB855536, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 1999/2000.....	55
TABELA 06 -	Resultado das avaliações das características agrônômicas da variedade SP80-1842, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 1999/2000.....	57
TABELA 07 -	Características agrônômicas e tecnológicas das variedades, na colheita da cana planta (27/06/2000 – 448 dias), em substrato argiloso e arenoso, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	63
TABELA 08 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB835486, em cana planta, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	67
TABELA 09 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB855536, em cana planta, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	71



TABELA 10 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade SP80-1842, em cana planta, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	73
TABELA 11 -	Massa seca radicial de três variedades de cana-de-açúcar, determinada por amostragens, em extratos de 20 cm, pelo método do cilindro volumétrico, em substrato argiloso e arenoso, na colheita da cana planta (27/06/2000 – 448 DAP), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	75
TABELA 12 -	Massa seca determinada na parte aérea e calculada das raízes (pelo método do cilindro volumétrico) de cana-de-açúcar, por janela (0,25 X 1,00 X 1,80 m), em dois substratos (argiloso e arenoso), em rizotron, na colheita da cana planta, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUN/2000.....	76

## CAPÍTULO II

TABELA 13 -	Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB835486, cana de 1 <sup>a</sup> soca, nos substratos argiloso A e arenoso B, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 2000/2001.....	81
TABELA 14 -	Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB85536, cana de 1 <sup>a</sup> soca, nos substratos argiloso A e arenoso B, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 2000/2001.....	83
TABELA 15 -	Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade SP80-1842, cana de 1 <sup>a</sup> soca, nos substratos argiloso A e arenoso B, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 2000/2001.....	84
TABELA 16 -	Características agronômicas e tecnológicas das variedades, na colheita da cana de 1 <sup>a</sup> soca (10/07/2001 – 378 dias), substrato argiloso e arenoso, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	91
TABELA 17 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB835486, cana de 1 <sup>a</sup> soca, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	96

TABELA 18 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB855536, cana de 1ª soca, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	100
TABELA 19 -	Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade SP80-1842, cana de 1ª soca, em 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	102
TABELA 20 -	Massa seca radicial de três variedades de cana-de-açúcar, determinada por amostragens, extratos de 20 cm, pelo método do cilindro volumétrico, em substrato argiloso e arenoso, colheita da cana de 1ª soca (10/07/2001–378 DAC), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	104
TABELA 21 -	Massa seca determinada da parte aérea e calculada das raízes (método do cilindro volumétrico) de cana-de-açúcar, por janela (0,25 x 1,00 x 1,80 m), dois substratos (argiloso e arenoso), em rizotron, colheita da cana de 1ª soca, Estação Experimental de Paranavaí, SCA – UFPR, JUL/2001.....	108
TABELA 22 -	Comprimento total de raízes (cm), em rizotron, metodologia do decalque, em superfície de 2 m <sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), na colheita da cana planta e da primeira soca, Estação Experimental de Paranavaí, SCA– UFPR, 2000/2001.....	110

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 -	Desenho esquemático do rizotron.....	45
-------------	--------------------------------------	----

### CAPÍTULO I

FIGURA 02 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB835486: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA - UFPR.....	54
FIGURA 03 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB855536: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA - UFPR.....	56
FIGURA 04 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade SP80-1842: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA - UFPR.....	58
FIGURA 05 -	Comprimento radicial da variedade RB835486, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.....	69
FIGURA 06 -	Comprimento radicial da variedade RB855536, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.....	69
FIGURA 07 -	Comprimento radicial da variedade SP80-1842, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.....	69

### CAPÍTULO II

FIGURA 08 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB835486: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	82
FIGURA 09 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB855536: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	85
FIGURA 10 -	Desenvolvimento da parte aérea da variedade Sp80-1842: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	86
FIGURA 11 -	Comprimento radicial da variedade RB835486, método do decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA-UFPR.....	98
FIGURA 12	Comprimento radicial da variedade RB855536, método do decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA-UFPR.....	98
FIGURA 13 -	Comprimento radicial da variedade SP80-1842, método do	

	decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA-UFPR.....	96
FIGURA 14 -	Massa seca radicial da variedade RB835486, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	106
FIGURA 15 -	Massa seca radicial da variedade RB855536, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	106
FIGURA 16 -	Massa seca radicial da variedade SP80-1842, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.....	106

## RESUMO

O rizotron tem sido utilizado por várias instituições de pesquisa com a finalidade de estudar o sistema de raízes de diferentes espécies. Observa-se nestes trabalhos a vantagem de poder acompanhar o desenvolvimento das raízes na mesma planta em intervalos de tempo, que atendam melhor as necessidades das avaliações estabelecidas, sem destruí-las. O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o desenvolvimento radicial e caulinar, de três variedades de cana-de-açúcar, em rizotron, em dois substratos (argiloso e arenoso), no ciclo de cana planta e cana de primeira soca. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Paranaíba/SCA/UFPR, de abril de 1999 a julho de 2001. Analisaram-se as características agronômicas e tecnológicas da parte caulinar e radicial pela metodologia do decalque e da amostra volumétrica para avaliação da fitomassa seca radicial. Os valores obtidos das principais características agronômicas e tecnológicas da parte aérea tanto da cana planta como da cana soca, em rizotron, são semelhantes aos já relatados em literatura, em condições de campo. A quantidade final e altura dos colmos industrializáveis são os fatores determinantes na produtividade agrícola da cana planta como da cana de primeira soca. O substrato influencia o desenvolvimento das variedades, nas suas características agronômicas, tecnológicas, do sistema radicial e na relação raiz : parte aérea. Em cana planta, as variedades RB835486 e RB855536 apresentam no substrato arenoso maior quantidade total de raízes, enquanto a variedade SP80-1842 demonstra melhor desenvolvimento no substrato argiloso. Em cana de primeira soca, as variedades RB835486 e SP80-1842 apresentam no substrato argiloso maior quantidade e massa seca total de raízes, enquanto a RB855536 demonstra no substrato arenoso. Em cana de primeira soca, as três variedades apresentam no substrato argiloso melhor desenvolvimento nas características agronômicas e nas características tecnológicas, no arenoso. A quantidade de raízes no ciclo total da cana de primeira soca é maior do que da cana planta. Independente da variedade, do tipo de substrato e do ciclo da cana, ocorre desenvolvimento radicial em todo perfil do substrato, com concentração de raízes na camada superficial e uniformidade na distribuição nas demais camadas. O rizotron é uma estrutura viável para o estudo do sistema radicial e caulinar da cana-de-açúcar. A metodologia do decalque permite observar o crescimento e a distribuição espacial horizontal e vertical das raízes. Ocorrem quatro fases importantes na relação raiz : parte aérea, sendo na cana planta: por volta de 125 dias após o plantio (DAP); cerca de 188 DAP; entre 294 a 354 DAP e na época de colheita, na cana de primeira soca: em torno de 60 dias após corte (DAC); 126 a 161 DAC; entre 210 a 316 DAC e na época de colheita.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp, metodologia do decalque, crescimento, fitomassa, distribuição radicial.

## ABSTRACT

Several research institutions with the purpose of studying the root system of different species have used the rhizotron. Is observed in these works the advantage of accompanying the development of the rootses in the same plant in intervals of time, that assist the needs of the evaluations better established, without destroying them. The present work had as objective to evaluate the root and shoot development, of three sugar-cane varieties, in rhizotron, in two substrata (loamy and sandy), in the cane plant cycle and first ratoon cane crop. The research was accomplished in the Experimental Station of Paranavaí/SCA/UFPR, of April of 1999 to July of 2001. The agronomic and technological characteristics of the shoot part and root were analyzed by the methodology of tracing and of volumetric sample determining the root dry fitomass. The obtained values of the main agronomic and technological characteristics of the aerial part as of the plant cane as of the first ratoon cane crop, in rhizotron, are similar to the already reported in literature, in field conditions. The final amount and height of the stalks industrialized are the decisive factors in the agricultural productivity as for plant cane as for first ratoon cane crop. The substratum influences the development of the varieties, in its agronomic, technological characteristics, of the root system and in the relationship root : aerial part. In plant cane, the varieties RB835486 and RB855536 present in the sandy substratum larger total amount of roots, while the variety SP80-1842 demonstrates better development in the loamy substratum. In first ratoon cane crop, the varieties RB835486 and SP80-1842 present in the loamy substratum larger amount and total mass dries of roots, while for RB855536 it demonstrates in the sandy substratum. In first ratoon cane crop, the three varieties present in the loamy substratum better development in the agronomic characteristics and in the technological characteristics, in the sandy. The amount of roots in the total cycle of first ratoon cane crop is larger than of the plant cane. Independent of the variety, of the substratum type and of the cycle of the cane, occur root development in the whole profile of the substratum, with concentration of roots in the superficial layer and uniformity in the distribution in the other layers. The rhizotron is a viable structure to study the root and shoot system of the sugar-cane. The methodology of the tracing allows to observe the growth and the horizontal and vertical space distribution of the roots. Occurs four important phases in the relationship root : aerial part, being in the plant cane: about 125 days after the plantation (DAP); about 188 DAP; among 294 to 354 DAP and at that time of harvest, in the first ratoon cane crop: around 60 days after court (DAC); 126 to 161 DAC; among 210 to 316 DAC and at that time of harvest.

**Key-words:** *Saccharum* spp, methodology of tracing, growth, fitomass, root distribution.

## 1 INTRODUÇÃO

Pouca atenção tem sido dada ao sistema de raízes das plantas em textos e pesquisas de fisiologia vegetal. Como o sistema de raízes fica oculto pelo solo e normalmente, não é a parte econômica da cultura, negligencia-se a sua óbvia e conhecida importância. Depois, quando a produção agrícola não é satisfatória, procuram-se as causas e são dadas explicações que muitas vezes são apenas razões indiretas resultantes do inadequado desenvolvimento das raízes (Matsuoka, 1996).

Normalmente, as avaliações de variedades das diferentes culturas estão baseadas na parte aérea das plantas. Embora seja a extensão, a distribuição e a atividade das raízes quem determinam a quantidade de água e de nutrientes absorvidos, essenciais para o desenvolvimento das culturas, pouco tem sido estudado a este respeito, nas diferentes culturas (Daros et al. 1999).

Conforme Machado (1987), a cana-de-açúcar como sistema produtivo é constituído basicamente, por um sítio de produção representado pelas folhas fotossinteticamente ativas, um sistema de escoamento e distribuição do produto fotossintetizado, vários sítios de consumo (raízes, colmos, folhas jovens, tecidos meristemáticos e órgãos reprodutores) e um sítio de acúmulo e armazenamento de sacarose, representado pelos vacúolos das células dos internódios dos colmos. A eficiência da integração destes sistemas determina a produtividade da cultura. No entanto, como sistema biológico sua dinâmica é influenciada, tanto por fatores intrínsecos à planta (genéticos e fisiológicos), como pelo ambiente.

A produtividade final da cana-de-açúcar quer seja cana planta ou cana soca, está relacionada a fatores ambientais, genéticos, fisiológicos e de manejo da cultura (Carneiro et al., 1995). Os diferentes fatores interagem continuamente na planta e provavelmente não há um só processo limitante, a eventual limitação está na forma de interação (Mundstock, 1999).

Os estudos do sistema radicial (anexo 01) da cana-de-açúcar em rizotron são ainda escassos Wei e Yang (1987) citam, que o primeiro laboratório para estudos de raiz da cana-de-açúcar foi construído em Mount Edgecomb na África do Sul.

Segundo Matta (1999), a gama de informações sobre o desenvolvimento da raiz é exígua, comparativamente, ao que se sabe sobre a parte aérea, e se pouco ainda se conhece sobre os mecanismos de desenvolvimento do caule, muito menos se sabe sobre os da raiz. Portanto, é indiscutível a necessidade de mais informações sobre o desenvolvimento e distribuição de raízes de plantas em diferentes solos e diversas condições ecológicas (Vasconcelos et al., 1999).

Vários trabalhos têm demonstrado a importância do estudo do sistema de raízes de diferentes plantas cultivadas, apresentando também várias metodologias para caracterização de raízes, levando em conta custo, precisão e tempo de análise (Jorge, 1999).

Variedades de cana-de-açúcar são indicadas para solos de baixa fertilidade natural e para regiões com deficiência hídrica, mas, até o presente, a avaliação de seu sistema radicial não é utilizada nem considerada como parâmetro indicativo do potencial da variedade. Conhecer o comportamento do sistema radicial das variedades cultivadas e dos clones promissores em diferentes ambientes de solo revela-se, portanto, fundamental para o fornecimento de subsídios aos pesquisadores das áreas de produção vegetal e de melhoramento genético da cana-de-açúcar.

Assim, se existe a correlação positiva entre desenvolvimento radicial e produtividade da cana-de-açúcar, então o seu estudo e sua relação com a parte aérea fornecerá informações sobre as características agronômicas, aérea e subterrânea das plantas, que permitirá melhor entendimento das relações solo/planta/ambiente e os seus efeitos sobre a produtividade, auxiliando no manejo cultural para a obtenção de maior produtividade.

Este trabalho teve como objetivo geral: avaliar o desenvolvimento radicial e caulinar, de três variedades de cana-de-açúcar, em condições de rizotron, em dois substratos, argiloso e arenoso e como objetivos específicos: avaliar as características agronômicas, aérea e subterrânea da cana planta e cana de primeira soca.



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE RAÍZES**

Embora se tenham muitas informações precisas sobre a morfologia da parte aérea dos vegetais, o conhecimento da morfologia das raízes ainda é extremamente limitado e seu estudo sistemático é difícil por ser inacessível à observação direta (Cody, 1986). E, sabendo-se tão pouco a respeito da própria morfologia das raízes, há de se convir que muito menos ainda sabe-se sobre as interações complexas que ocorrem entre as raízes e seu ambiente físico, químico e biológico (Cardoso e Freitas, 1992).

Segundo Böhm (1979) e Köpke (1981), as pesquisas de raízes sob condições naturais de campo, ainda têm pouca expressão na ciência, devido a razões metodológicas, pois os métodos conhecidos são demorados, trabalhosos e os resultados, geralmente, têm baixa acurácia. Entretanto, é indiscutível a necessidade de mais informações sobre o desenvolvimento e distribuição de raízes de plantas em diferentes solos e diversas condições ecológicas (Vasconcelos et al., 1999).

Humbert (1974) comenta, que o estudo do desenvolvimento de raiz foi negligenciado principalmente por causa das dificuldades de manter sob observação as raízes em crescimento em ambiente natural.

De forma geral, a avaliação de raízes tem sido efetuada de duas maneiras: diretamente no perfil de solo ou através de raízes lavadas, levando em conta o custo, a precisão e o tempo de análise (Böhm, 1979). A coleta de informações da morfologia e do crescimento das raízes no campo é uma tarefa bastante árdua, muitas vezes sem o rigor científico necessário. Por isso, o enraizamento tem sido relativamente pouco estudado e caracterizado de maneira menos sistemática do que a parte aérea (Guimarães et al. 1997).

Segundo Matta (1999) comparativamente, a gama de informações sobre o desenvolvimento da raiz é exígua, perto do que se sabe sobre a parte aérea e complementa, se pouco ainda se conhece sobre os mecanismos de desenvolvimento do caule, muito menos se sabe sobre os da raiz.

Para Benincasa (1988) as medidas de raízes ou do sistema de raízes são bastante difíceis de serem feitas principalmente, quando se trabalha em condições de campo. Considerando-se que a análise de crescimento usa medidas morfológicas e ou anatômicas para inferir processos fisiológicos, a imprecisão das medidas da raiz no campo é de tal ordem imprevisível que é preferível não executá-las. Ainda, segundo a mesma autora, em condições de campo é preferível trabalhar com a parte aérea, apenas, quando não se pode usar um critério que permita maior precisão das medidas do sistema de raízes, e cita, que no caso de órgãos de armazenamento (e neste caso incluem-se os caules subterrâneos), as medidas destes órgãos podem ser feitos normalmente.

Conforme McMichael e Taylor (1987), as pesquisas sobre o sistema de raízes das plantas sob condições de campo são difíceis porque o solo limita a sua acessibilidade para observações, bem como, a maioria das áreas, onde são realizadas as medidas de campo não podem ser usadas em estudos de pesquisa durante vários anos. Os mesmos autores consideram, que muitos dos métodos de campo para observar o crescimento das raízes são trabalhosos e requerem ampla destruição dos locais de campo, não podendo ser usados para estudar a dinâmica de crescimento das raízes, porque medidas repetidas no mesmo local são realmente impossíveis.

Köpke (1981) comenta, que as informações sobre o sistema de raízes das culturas a campo ainda está escasso comparado com o que é conhecido de crescimento e desenvolvimento da parte aérea. Esta limitação é principalmente causada por problemas de metodologia, sendo os métodos de investigação das raízes "*in situ*", trabalhosos e demorados, e a precisão e exatidão são freqüentemente baixas. O autor comenta ainda, que para melhor comparação dos resultados obtidos pelos diferentes métodos todos os parâmetros das raízes deveriam ser convertidos a uma mesma dimensão definida, recomendando a densidade de comprimento de raiz (cm de raiz por cm<sup>3</sup> de solo) e considerando, que os métodos que dão densidade de comprimento de raiz diretamente, são as metodologias preferidas.

De acordo com Huck et al. (1980), há variação grande no diâmetro da raiz duma época para outra seguinte e até mesmo ao longo da mesma raiz; os mesmos

autores sugerem que devem ser feitos grandes números de medidas para descobrir diferenças estatisticamente significativas de tratamento.

Zanette e Comin (1992) ressaltam, que não existe um só método que possa ser ideal para estudar qualquer parâmetro relativo ao sistema de raízes. Enquanto o método, que utiliza substrato líquido ou neblina nos permite quantificar o volume, peso ou comprimento das raízes em relação ao caule, outro método o da escavação nos poderá informar a arquitetura do sistema de raízes. Podemos ainda desejar obter informações sobre a densidade das raízes finas no solo, para isso podemos empregar o método da amostragem com o trado ou da parede de vidro.

A escolha do método de avaliação das raízes depende do objetivo do estudo, podendo ser dito, que o método mais preciso é o mais trabalhoso (Böhm, 1979).

Para o estudo de raízes de plantas pode-se tomar duas direções: estudar o desenvolvimento de raízes fora do seu substrato natural (o solo), em solução nutritiva, por exemplo, ou estudar as raízes em seu substrato natural por meio de estudos de amostragem (métodos não destrutivos), por escavações totais ou parciais (métodos destrutivos), ou ainda, no solo, mas em vasos e em recipientes ou recintos especiais e adequados (Zanette e Comin, 1992).

Segundo Brown e Scott (1984), a existência do equilíbrio funcional entre o crescimento da parte aérea e da raiz deu origem à necessidade para observar a atividade e desenvolvimento do sistema de raízes tão claramente como foram observadas as funções de crescimento da parte aérea. O problema básico foi achar a técnica que permitisse o estudo do sistema de raízes "*in situ*". Os métodos podem ser divididos em procedimentos destrutivos e não destrutivos (*in situ*). Os métodos destrutivos são aqueles que necessitam de remoção de colunas do solo ou escavações de trincheiras ou covas para amostrar as raízes das plantas da parcela experimental. Eles destroem as porções do perfil do solo ou as plantas dentro da parcela. As primeiras técnicas não destrutivas para relacionar o crescimento da raiz e da parte aérea surgiram com o uso do rizotron por Taylor em 1971. Em 1974, Böhm descreveu o uso de periscópio ou minirizotron para observação de raízes subterrâneas. Estas técnicas permitem o monitoramento contínuo do crescimento da raiz com a profundidade do solo, e por todo o período de crescimento sem

destruição da planta ou do solo. Simultaneamente, podem ser medidos os parâmetros de crescimento da parte aérea da planta por todo o período.

Segundo Medina e Neves (1999), dentre os métodos mais utilizados no Brasil, destacam-se: trincheira ou parede do perfil; blocos ou monólito; placas com pregos; trado e rizotron.

Bouma et al. (2000), relatam que está disponível comercialmente dois pacotes de programa computadorizado (Delta T Scan e WinRHIZO), com sistemas automatizados de análise de raiz, medindo comprimento e distribuição de raiz e diâmetro de raiz.

É provável que os fatores principais que influenciam a escolha de métodos sejam a disponibilidade de equipamento e instalações, a cultura e/ou solo para ser investigado e do interesse do tipo de efeito do sistema de raízes. Estas considerações selecionarão essencialmente, os métodos à serem usados. Da mesma maneira, que gama de medidas é feita em relação com a parte aérea da planta, assim como com a porção abaixo do solo, gama de medidas é necessária para poder caracterizar os fatores importantes como a taxa e tipo de crescimento, a duração das raízes da cultura e a sua atividade (Atkinson e Mackie-Dawson, 1991).

Taylor e Willatt (1981) comentam, que todos os métodos de pesquisa requerem um pouco de iluminação das raízes. Perguntas freqüentemente surgem sobre os efeitos desta luz sobre o crescimento e atividade da raiz. Iluminação contínua reduz a velocidade de alongamento da raiz, acelera a suberização e impede a formação de raiz lateral de algumas espécies, mas períodos curtos de iluminação têm pouco efeito sobre o crescimento da raiz.

## **2.2 MÉTODO DO RIZOTRON**

McMichael e Taylor (1987) citam, que foram desenvolvidos métodos de parede de vidro para observar crescimento de raízes "*in situ*" de forma, que amplas investigações da ecologia e da função da raiz poderiam ser acompanhadas. Geralmente estes métodos envolvem observações de raízes, que crescem em solo atrás do vidro ou paredes de plástico transparentes ou janelas. Vidro ou é colocado

contra o perfil de solo onde as plantas existentes estão crescendo ou como o lado do vidro para a "caixa de raiz" enchida de solo especialmente construída. Os modernos laboratórios de raízes ou rizotrons, e o tubo de vidro ou sistema de minirizotron são modificações dos métodos de parede de vidro.

Böhm (1979) relata, que o mais moderno desenvolvimento do princípio de observação e registro de raízes na face de vidro do perfil da parede é o laboratório de raízes. São corredores subterrâneos contendo janelas transparentes em ambos os lados. As partes aéreas das plantas são expostas as condições do meio ambiente.

Conforme Taylor e Willatt (1981), rizotrons são câmaras subterrâneas de paredes rígidas, de material transparente, que permitem acompanhar o crescimento das raízes no solo, enquanto as partes aéreas estão expostas ao meio ambiente. A câmara normalmente apresenta um teto, que em alguns casos altera o balanço energético e uma cobertura, que altera o sistema de ventilação.

Avaliando as variedades ROC 7 e ROC 8, em condições de rizotron em três tipos de solo, Wei e Yang (1987), em cana planta com 16 meses, encontraram alta correlação entre número e comprimento de raízes; número de raízes e intensidade de enraizamento, porém com relação à distribuição, os valores variaram com a variedade e o tipo de solo. Os mesmos autores comentam, que a maioria das raízes principais e algumas ramificações maiores não apareceram tão bem ao longo da parte interna da janela como esperado. Elas retrocederam no solo depois de um período de crescimento. Algumas raízes principais não apareceram à superfície do perfil do solo, mas enviou regularmente as suas ramificações em ambos os lados ao longo deles mostrando, que estas raízes principais cresceram dentro do solo paralelo com a janela, mas estavam cobertos por camada de solo. As durações das raízes visíveis na janela de observação variaram grandemente. A duração média das raízes principais totalmente desenvolvidas variou de 18 a 25 dias. As raízes, que retrocederam no solo na superfície do perfil atrás da janela variaram de 15 a 19 dias. A cor da raiz mudou de branco para amarelo e de amarelo para castanho do ápice final para próximo da base da raiz. A raiz principal normal levou aproximadamente trinta dias para mudar sua cor de branco para castanho. As raízes desenvolvidas antes dos 6 meses de idade eram dos brotos primários e secundários; entre 5 a 9

meses de idade, as raízes eram dos brotos secundários e terciários. A expansão e contração do solo nos compartimentos causaram algumas dificuldades na observação da raiz principalmente, no solo muito argiloso (barro-siltoso) em função, que algumas raízes visíveis não puderam ser observadas claramente devido, que durante a irrigação estas raízes foram cobertas por fina camada de barro, desaparecendo da janela de observação e assim não puderam ser contadas corretamente. Nenhum efeito foi notado em solo argilo-arenoso (Wei e Yang, 1987).

Taylor e Böhm (1976), em pesquisa com a soja em solo argilo-limoso, em condições de rizotron e a campo encontraram aproximadamente, que a densidade das raízes na interface solo, parede visível (plástico acrílico do rizotron de Ames, Iowa), foi cinco vezes maior em comparação às condições de campo sendo, que a taxa de transpiração foi similar.

### **2.2.1 História do rizotron**

Segundo histórico de McMichael e Taylor (1987), “ **Os métodos do rizotron de parede de vidro foram primeiramente descritos e usados por Sachs (1873), que observou o desenvolvimento das raízes de plantas crescidas em pequenas caixas com os lados de vidro. Desde então, os métodos de parede de vidro foram amplamente usados para medir o crescimento das raízes, especialmente sob condições de campo (Garwood, 1967; Pearson e Lund, 1968). Placas de vidro ou janelas colocadas contra as paredes das trincheiras é um dos mais simples métodos “*in situ*” para observar sistema de raízes continuamente (Roberts, 1976). Pearson e Lund (1968) usaram este método para observar o crescimento e desenvolvimento das raízes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Conforme se tornaram evidentes as necessidades para maior controle das condições para observar as raízes, instalações duradouras foram planejadas e construídas. Estes primitivos “laboratórios de raízes” foram os precursores dos modernos “rizotrons”. Foram construídos laboratórios de raízes, chamadas de câmaras de raízes ou porões de raízes, primeiramente em 1900 na Alemanha por pesquisadores tais como Noll e Kroemer (Böhm, 1979).**

Outros antigos laboratórios de raízes também foram construídos por Modestov, na URSS em 1915 (Kolesnikov, 1971) e depois na Holanda (Blaauw, 1923). Protótipos dos modernos laboratórios de raízes foram construídos em East Malling em Kent, Inglaterra, durante 1961 e 1966 (Rogers, 1969). Estas modernas instalações consistiram em uma trincheira escavada com um corredor coberto de concreto entre os dois perfis do solo. Foram colocadas janelas de vidro nas paredes do perfil para observar o crescimento de raízes. Conforme os mesmos autores, o termo rhizotron foi primeiramente usado para descrever um laboratório de raízes construído por Lyford e Wilson (1966). A palavra vem do grego rhizos que significa raízes e tron que significa um dispositivo para estudar. Desde aquele tempo, foram construídas instalações que especificamente foram chamadas de rizotrons em 1967 em Guelph, Canada (Hilton et al. 1969), em 1969 em Auburn, Alabama (Taylor, 1969), e em 1975 em Ames, Iowa (Taylor e Böhm, 1976). Mais recentemente instalações foram construídas na Geórgia e Nebraska (K. J. Karnok, comunicação pessoal), Ohio State University (Karnok e Kucharski, 1982), e Texas (DiPaola et al. 1982). Outras instalações como aqueles em Muscle Shoals, Alabama; Temple, Texas; e Ohio State University são modificações no projeto e propósito das instalações originais (Soileau et al., 1974; Arkin et al., 1978; Karnok e Kucharski, 1982).”

Os projetos dos modernos laboratórios de raízes ou rizotrons foram descritos em detalhes por vários pesquisadores (Rogers, 1969; Taylor, 1969; Soileau et al. 1974; Huck e Taylor, 1982; McMichael e Taylor, 1987; Wei e Yang, 1987; Comin, 1996; Pissaia, 1997 e Daros et al. 1999).

De acordo com Zanette e Comin (1992); Daros et al. (1999) o rizotron é uma construção que permite a avaliação do crescimento e desenvolvimento do sistema de raízes das plantas, apresentando várias vantagens sobre os outros métodos de estudo do sistema de raízes, pois, permite determinações sucessivas na mesma planta no tempo e, que as estimativas de crescimento das raízes sejam efetuadas rapidamente acompanhando-se, assim, a dinâmica do crescimento. Atualmente, com os avanços na área de informática e na análise de imagens, o tempo necessário para determinar o comprimento e o diâmetro das raízes pode ser diminuído

significativamente, permitindo a rápida determinação da área de superfície total e do volume das raízes.

Rizotrons são projetados para medir alterações na quantidade e na atividade do sistema de raízes. Podem ser feitas determinações qualitativas das características tais como cor e ramificação da raiz, junto com medidas quantitativas de desenvolvimento da raiz, por exemplo, comprimento de raiz, densidade de enraizamento, diâmetro das raízes, dinâmica da raiz e expansão da raiz lateral (McMichael e Taylor, 1987).

Conforme Atkinson e Mackie-Dawson (1991), como principais vantagens do uso de laboratórios de observação de raízes (rizotron e minirizotron) citam-se: a) possibilidade de estudar o volume de solo de maneira não destrutiva, sem provocar distúrbio em seu interior e, assim, documentar-se a longevidade, mudanças de posição e o tempo durante o ano em que ocorre ativo crescimento das raízes; b) possibilidade de avaliar-se variações no solo e no sistema de raízes das plantas perenes durante longo período de tempo (dez anos ou mais), como, por exemplo, estabilidade dos canais no solo, resultantes da atividade das próprias raízes ou dos organismos do solo; c) possibilidade de relacionar a atividade das raízes com a condição de solo num dado local, através de amostragens detalhadas, em posições previamente selecionadas, pela visualização por janelas de observações. Como principais desvantagens, os mesmos autores citam: a) alto custo de construção e necessidade de manutenção contínua para manter as janelas em boas condições; b) para o bom contato vidro-solo, o solo adjacente ao vidro deve ser substituído eventualmente; c) não pode ser usado para estudos de problemas físicos do solo; d) o número de tratamentos e/ou repetições é limitado; e) tratamentos que promovem vibração e que possam danificar as janelas de vidro devem ser evitados (exemplo: preparo do solo, cultivo).

Os estudos do sistema radicial da cana-de-açúcar em rizotron são ainda mais escassos, Wei e Yang (1987) citam que o primeiro laboratório de raízes para estudo das raízes de cana-de-açúcar foi construído em Mount Edgecomb na África do Sul, com estudo do crescimento das raízes em relação ao solo e clima realizados por



Glover<sup>1, 2</sup>, relatando ainda que o rizotron construído em Taiwan Sugar Research Institute foi para estudar as raízes da cana-de-açúcar e as relações entre nutrição e a água do solo.

Confirmando a eficiência desta metodologia, em 1983, o Setor de Ciências Agrárias da UFPR, pelo Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, coordenado pelo Prof. Dr. Flávio Zanette, instalou o primeiro rizotron no país, em Curitiba – PR, visando o desenvolvimento de trabalhos em culturas de interesse econômico para o Estado do Paraná. Estudou-se os sistemas de raízes de feijão, trigo, girassol, triticale e milho sob diferentes condições de solo, como: acidez, baixos níveis de fósforo e saturações de alumínio (Ronzelli Júnior et al. 1987; Daros et al. 1988, a, b, c, d; Daros et al. 1993; Daros e Ronzelli Júnior, 1993; Daros et al., 1993; Pissaia, 1997; Daros et al., 2002). E em 1999 com intenção de apoiar o desenvolvimento do Programa Cana-de-açúcar, o Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo construiu o segundo rizotron na Estação Experimental de Paranavaí, do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, com finalidade de estudar o sistema radicial da cana-de-açúcar, conforme Daros et al. (1999), apresenta dois metros de altura, sete metros de comprimento, sendo construído em tronco trapézio, com quatro metros de largura na base inferior e dois metros e vinte na parte superior, observando-se inclinação de 25°. As paredes laterais são com armação de ferro, sendo a parede interna constituída de um vidro transparente (1,00 X 2,20 m) e a externa com placas de cimento amianto. O espaço entre o vidro e a placa de cimento amianto é regulável e pode ir até a 30 cm, onde se coloca o substrato desejado.

## 2.3 FUNÇÕES DO SISTEMA DE RAÍZES

Ao descrever e estudar a planta, é norma geral subdividi-la em parte acima da superfície do solo, denominada parte aérea e a parte abaixo da superfície do solo, denominada parte subterrânea. De acordo com Atkinson e Mackie-Dawson (1991),

---

<sup>1</sup> GLOVER, J. The simultaneous growth of sugarcane roots and tops in relation to soil and climate. **Proceedings South Africa Sugar Technol. Assoc.**, v.41, p. 143-159, 1967.

<sup>2</sup> GLOVER, J. Soil sterilization and growth of tops and roots at the Mount Edgecomb root laboratory. **Proceedings South Africa Sugar Technol. Assoc.**, v.44, p.162-167, 1970.

todo sistema de raízes está composto de várias raízes individuais, sendo o sistema de raízes estruturas ramificadas com várias ordens de ramificação (normalmente até 4), com as raízes individuais feitas de grandes números de células e o tamanho, forma e estrutura destas células e os números no tecido específico (por exemplo, xilema ou córtex) pode ser alterado pelo ambiente de crescimento, como pela função destas células individuais. Os mesmos autores citam, que o sistema de raízes presente no solo em qualquer momento é a soma de todas as raízes, que foram produzidas e permaneceram vivas, sendo a longevidade de raízes variável entre espécies e entre tipos de raízes nas espécies e complementa, que a taxa de produção junto com a longevidade resultará em determinado comprimento de raiz total e na densidade média de comprimento de raiz. Comentam ainda, que estes fatores são importantes para a habilidade do sistema de raízes obterem nutrientes para o crescimento das plantas e, que as raízes normalmente são consideradas em relação a sua habilidade para fornecer água e nutrientes para a planta, mas são também necessários para ancorar a planta e produzir hormônios, que podem regular o crescimento e desempenho da raiz e da parte aérea.

Conforme Libardi e Jong Van Lier (1999), para evitar o murchamento, a mesma quantidade de água que é perdida por transpiração tem que ser absorvida pelo sistema de raízes, que além de permitir a extração de água e nutrientes do solo, serve para fixar a planta no solo.

De acordo com Kondörfer et al. (1989), o sistema radicial da cana-de-açúcar é parte fundamental na produção de açúcar, pois é através dele que a planta consegue suprir-se de água e nutrientes em sua quase totalidade. De modo geral, quanto maior o sistema radicial da planta, maior sua capacidade de explorar o solo e consequentemente aproveitar os nutrientes e a água disponível. O volume e a distribuição do sistema radicial são tanto mais importante quanto menor a fertilidade do solo e maior a deficiência hídrica. O sistema radicial mais abundante também determina maior atividade microbiana, que tem influência sobre o crescimento das plantas.

Segundo Vasconcelos (2000), o desenvolvimento do sistema radicial tem influência direta sobre fatores como: resistência à seca, longevidade do canavial, eficiência na absorção dos nutrientes do solo, tolerância ao ataque de pragas do

solo, capacidade de brotação em cana planta e soqueiras, influência sobre o porte da planta (ereto ou decumbente), tolerância à movimentação de máquinas. Entretanto, não é a quantidade de raízes o fator determinante destas vantagens, mas a sua distribuição no perfil do solo ao longo das estações do ano. A quantidade muito grande de raízes nas camadas superficiais do solo pode significar gasto excessivo de metabólitos sintetizados na parte aérea e translocados para as raízes, além de maior risco de estresse hídrico em períodos de veranico, mas, por outro lado, em condições de cana irrigada, esta distribuição pode ser muito favorável. O autor lança o conceito da “cana inteligente”, que só gasta o necessário, no momento adequado e na profundidade conveniente. Assim como há diferenças marcantes nas características da parte aérea entre variedades, também existem grandes diferenças no desenvolvimento e arquitetura dos seus sistemas radiciais. Portanto, o conhecimento da parte aérea da variedade não significa o conhecimento da planta.

## **2.4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICIAL**

Daros et al. (1999) relatam, que nos últimos anos o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o sistema de raízes tem avançado rapidamente, dado os resultados obtidos com interações positivas do manejo e o conseqüente reflexo na produtividade de muitas culturas. As interações entre as propriedades do solo determinam ambientes diferenciados que atuam sobre as características do sistema de raízes. A evolução das metodologias empregadas para a avaliação, sob diferentes enfoques, do sistema de raízes, apresentada por Böhm (1979), confirma a importância que a parte subterrânea das plantas pode exercer sobre o desempenho, principalmente, das grandes culturas onde o substrato utilizado é o solo.

### **2.4.1 Plantio e enraizamento**

Segundo Castro (2001a), o plantio da cana-de-açúcar pode ser efetuado utilizando-se desde toletes de uma gema até a cana inteira. Geralmente, plantam-se

toletes com três entrenós. Toletes com menor número de gemas têm apresentado maior porcentagem de emergência, possivelmente por possuírem menor dreno preferencial de carboidratos, não ocorrendo competição no entrenó. O plantio da cana inteira se restringe a utilização de colmos mais novos (8-10 meses), podendo haver o problema da dominância com o levantamento da região apical.

Os toletes são colocados em sulcos com 25 a 30 cm de profundidade e cobertos com uma camada de terra de 2,5 a 5 cm. Têm-se alocado 15 ou mais gemas por metro linear para evitar falhas. Certas condições ambientais afetam a emergência das gemas. As melhores temperaturas para a emergência das gemas situam-se entre 27 e 32 °C, sendo que temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 35 °C, causam problemas na emergência. A umidade ótima para emergência encontra-se entre 15 e 25% (Casagrande, 1991).

Os toletes desenvolvem primórdios radiciais superficiais ramificados e posteriormente, raízes de fixação mais profundas e funcionais (Burr et al. 1957). Nos primeiros 30 dias a plântula se desenvolve às custas das reservas do tolete e de água e sais minerais absorvidos pelas raízes de fixação. Sob condições favoráveis, a transição do tolete às raízes ocorre após 20 dias. Aos 90 dias após o plantio a cana-de-açúcar depende exclusivamente das raízes dos perfilhos, sendo que as raízes de fixação perdem sua função; nesse momento, todo o sistema radicial encontra-se distribuído nos primeiros 30 cm de profundidade (Bacchi, 1985; e Casagrande, 1991).

A profundidade atingida pelo sistema radicial depende do cultivar e das condições edáficas. As raízes do colmo, mais grossas, penetram lentamente no solo, inicialmente, para aumentar a velocidade com o crescimento, declinando posteriormente. Com 2 a 3 meses do plantio, o sistema radicial encontra-se bem desenvolvido, devendo-se evitar a utilização de práticas culturais destrutivas nas entrelinhas (Castro, 2001a).

Segundo Mello Ivo (1999), as raízes da cana têm desenvolvimento restrito nos primeiros estágios do crescimento da planta, sendo a superfície absorvente pequena, até que apareçam as primeiras folhas e o crescimento das raízes a partir dos brotos seja acelerado. Nos primeiros trinta dias da brotação das gemas as plantas vivem da reserva do tolete e do suprimento de água e nutrientes feitos pelas

raízes em desenvolvimento. Inicialmente a planta utiliza as raízes originadas dos primórdios radiciais situados na zona radicial do tolete plantado, e só a partir do primeiro mês, até o final do segundo, há um período de transição no qual o abastecimento modifica-se passando a ser feito pelas raízes dos perfilhos. Aproximadamente depois do terceiro mês, o abastecimento é quase que exclusivamente via raízes dos brotos (Humbert, 1974). Porém, segundo Clements (1980), dependendo das condições, todos os primórdios, ou muito pouco destes podem produzir raízes. Além disso, embora as raízes dos primórdios possam vir a ser, em algumas situações, longas e ramificadas, e persistirem por um longo tempo, as suas boas condições não parecem ser tão cruciais para o bem estar da parte aérea em crescimento, já que a parte aérea desenvolve suas próprias raízes.

#### **2.4.2 Sistema radicial da cana planta**

Na planta da cana-de-açúcar, o sistema radicial é muito peculiar em função das características desta gramínea semiperene (Dillewijn, 1952; Humbert, 1974, Clements, 1980).

Fernandes (1985) cita que a cana-de-açúcar apresenta duas características distintas quanto ao seu desenvolvimento, é semiperene por permanecer 4 ou mais anos na mesma área, mas como planta não deixa de ser anual, considerando cada um dos ciclos que a cultura pode atingir, em função de seu manejo.

Segundo Bacchi (1985), três tipos básicos de raízes são evidenciados nos estudos clássicos sobre a Botânica da cana-de-açúcar: (1) Raízes superficiais, que são ramificadas e absorventes; (2) Raízes de fixação, as quais são mais profundas e (3) Raízes cordão, que podem atingir até 6 metros de profundidade. A proporção de cada tipo de raiz no sistema radicial depende do cultivar, das propriedades física e química do solo e da umidade. Ainda, segundo o autor cada perfilho apresenta sistema radicial próprio, de forma que, enquanto houver emissão de perfilhos, ocorrem aumentos no volume de raízes. Esse volume tende a se estabilizar, havendo posteriormente apenas a renovação das raízes velhas senescentes.

A maior ou menor proporção de um tipo de raiz em relação ao outro (de sustentação ou de absorção) é característica herdada geneticamente. *Saccharum spontaneum* dá grande contribuição na formação de raízes de sustentação dos modernos híbridos, e, portanto, à maior estabilidade de produção das soqueiras, enquanto *Saccharum officinarum* apresenta sistema radicial superficial, muito sensível a estresses (Matsuoka, 1996).

Segundo Evans<sup>3</sup>, citado por Casagrande (1991), as raízes superficiais provenientes dos primórdios radiciais dos toletes são mais finas que as provenientes, posteriormente, dos nós situados mais acima do rebento; estas acabam por se desenvolver e localizar-se sobre todo o seu comprimento, na camada superficial do solo. Estas últimas são vigorosas e raramente se ramificam durante o início do desenvolvimento, sendo mais comum à ramificação quando o crescimento em alongamento é completado; ramificações de primeira e segunda ordem aparecem, sendo raras as de terceira ordem; as radículas são densamente cobertas de pêlos absorventes, o que lhes confere uma maior superfície de absorção; em condições de solo com umidade adequada, o sistema superficial fornece para a planta a maior quantidade de água e a maior parte dos elementos minerais; em caso de condições desfavoráveis de umidade do solo, os rebentos devem contar com as raízes mais profundas. As raízes de fixação originárias dos nós do rebento são brancas e suculentas e dirige-se para baixo, seguindo um ângulo de 45-60°. Da direção de seu crescimento e da natureza de sua ramificação, Evans<sup>3</sup> conclui, que em geral a absorção destas raízes se dá até um certo grau. O sistema de raízes em cordões e as outras raízes profundas são caracterizados pelo fato de se aprofundar mais ou menos verticalmente, podendo formar feixes contendo até 15-20 raízes.

Evans<sup>4, 5</sup>, citado por Humbert (1974), dividiu as raízes em quatro classes, de acordo com o diâmetro, comprimento e superfície: classe I consiste em raízes fibrosas; classe II referem-se as raízes com menos de 1 mm de diâmetro; classe III

<sup>3</sup> EVANS, H. The root-system of the sugar cane III. The early development of the root-system of sugar cane in Mauritius. **Emp. J. Exp. Agron.**, n.4, p.325-331, 1936.

<sup>4</sup>EVANS, H. **Investigation as the root system of sugar cane varieties**. Sugar Cane Research Station Mauritius, Bulletin n.6, 1935.

<sup>5</sup> EVANS, H. Some data on the effect of late heavy dressing of nitrogenous fertilizer on the growth and metabolism of sugar cane in Mauritius. Sugar Cane Research Station Mauritius, Bulletin n.10, 9p. 1936.

em raízes de 1 a 2,5 mm de diâmetro, e classe IV em raízes de mais de 2,5 mm de diâmetro.

Stevenson e McIntosh (1935) e Stevenson (1936), não conseguiram detectar as raízes mais profundas nos solos (raízes cordões), destacando o fato de que todas as raízes são fundamentalmente de um só tipo e, que sua diferenciação é posterior e devido às condições nas quais a cana se desenvolve.

Segundo Dillewijn (1952), parece haver evidências de que as raízes mais profundas atuam por períodos mais longos de tempo do que as superficiais. Relata, que em cana irrigada mais de 50% das raízes ocorrem nos primeiros 20 cm e 85% nos primeiros 60 cm de profundidade do solo.

Conforme Mello Ivo (1999), à parte das raízes em crescimento ativo, ou seja, a parte jovem é branca e carnosa. Com a idade as raízes escurecem, observando-se córtex em vários estágios de decomposição. Este perde a turgescência, torna-se mais flácido e assume aspecto enrugado. Estas raízes apresentam menor capacidade de transporte de nutrientes que as mais novas brotando a partir de sua superfície. Além disso, mesmo que não apresentem brotações, quando é retirado o córtex escurecido, estas ainda possuem o interior em funcionamento. A mesma autora comenta que no geral, a densidade de raízes diminui progressivamente com a profundidade e, horizontalmente, com a distância da planta.

Diversos autores tentaram estimar a idade efetiva da raiz, isto é o tempo que permanece ativo para absorção de nutrientes. Em geral os estudos realizados indicam, que possivelmente, a raiz permanece ativa por 5 a 8 dias (Barber, 1995).

São vários os fatores, que influem no desenvolvimento do sistema radicial da cana-de-açúcar: as características varietais, umidade do solo, porosidade, massa específica e determinadas condições químicas do solo (Negi et al. 1972; Casagrande, 1991).

Uma prova da influência dominante das condições do solo na diferenciação de raízes foi também observada por Evans<sup>3</sup>, citado por Casagrande (1991), que verificou, que a subsolagem afetava a natureza das raízes de fixação de uma forma flagrante; elas eram tão modificadas que pareciam quase idênticas às raízes superficiais. Isto indica que as características morfológicas típicas das raízes de

fixação não lhe são inerentes, mas são causadas pela natureza do subsolo no qual elas se desenvolvem.

Paz-Vergara et al. (1980) verificaram, que para a cana-de-açúcar as irrigações abundantes com intervalos maiores de aplicação induzem o desenvolvimento radicial profundo enquanto, que irrigações leves e freqüentes promovem o desenvolvimento radicial na superfície.

Abayomi (1989), estudando os efeitos do tipo de solo e ciclo de cultivo sobre o desenvolvimento e distribuição das raízes na profundidade até 120 cm, de uma variedade comercial sob irrigação e em condições normais de campo observou, que 99, 97 e 90% das raízes foram encontradas nas camadas entre 0-60 cm de profundidade em cana planta; primeira e segunda soca, respectivamente. Detectando ainda, que o desenvolvimento e o crescimento vertical da raiz foi influenciado pelas condições físicas do solo, sendo que em solo leve o enraizamento foi mais denso e mais profundo enquanto que, em solos pesados promoveram enraizamento menos denso e mais superficial. O desenvolvimento total de raízes foi melhor em cana planta do que em canas socas, entretanto as canas socas apresentaram maiores proporções de raízes distribuídas nas camadas mais profunda do solo.

A distribuição das raízes é também dependente da disponibilidade de água no solo. Quanto maior a umidade na superfície, maior a concentração de raízes nas camadas superficiais do solo (Baran et al. 1974; Sousa, 1976).

A cana-de-açúcar é uma planta de alto consumo de água. Segundo Sousa (1976), ela exige 116 toneladas de água para produzir uma tonelada de biomassa. A cana-de-açúcar apresenta elevado consumo de água, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta (Dillewijn, 1952).

Hudson (1969) relata, que solos de áreas com altas produtividades de cana-de-açúcar tinham grande capacidade de armazenamento de água e davam suporte para elevada densidade de raízes no subsolo.

Para Rosolen (1994), quem define a profundidade das raízes da cana-de-açúcar é a água, relatando que a sobrevivência das raízes varia durante o ano agrícola em função das chuvas, quando ocorre verânico e a superfície vai secando aumentam as raízes em profundidade, e as raízes só ficam vivas onde existe



umidade, sendo mais eficaz, metabolicamente para a planta, deixar a raiz morrer e quando tiver água, desenvolver novas raízes.

Thompson (1976) encontrou numa cultura de cana irrigada em solo argiloso, que as raízes absorvem água armazenada até 0,90 m. Enquanto, que em condições não irrigadas o solo explorado atingiu profundidades de 1,2 m. Em solos arenosos, sem irrigação, as raízes atingiram mais de 4 m de profundidade, absorvendo água de forma substancial até 1,8 m.

Em estudos realizados na África do Sul, Thompson (1967) cita, que a eficiência de utilização da água depende de profundidade de enraizamento e grau de proliferação das raízes através do volume de solo determinando, que sob condições de irrigação, a cana-de-açúcar obtém 96% das suas necessidades de água nos primeiros 60 cm de solo arenoso e 97% nos primeiros 30 cm de um solo argiloso. Sousa (1976) estudando a irrigação por sulcos de infiltração de cana-de-açúcar, em solos argilosos em Araras - SP concluiu, que nos primeiros 60 cm de solo se encontram 82,0% das raízes da cana irrigada, e 75,2% das raízes de uma cana não irrigada.

Aguiar (1978) em estudo do sistema radicial da variedade CB41-14, em Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa, no Município de Jaboticabal – SP, coletou raízes vivas e mortas durante o ciclo da cana planta nas profundidades de 0-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm e verificou, que a distribuição das raízes se modificava no perfil, como consequência das condições de umidade; observou que o máximo de formação das raízes vivas se deu de dezembro a março à profundidade de 0-20 cm, de julho a outubro à profundidade de 20-40 cm e de maio a outubro a 40-60 cm; observando também, que as primeiras raízes a morrerem durante o período de estiagem são as superficiais, as quais são as primeiras a se renovarem, durante o período das chuvas. Observou, que no período da seca havia predominância de raízes aparentemente mortas em relação às vivas; tão logo começava o período de chuvas havia uma renovação radicial, com predominância de raízes aparentemente vivas; tão logo iniciava o período de maturação, ocorria novamente morte de raízes, chegando ao final do ciclo, época de safra e seca, com o sistema radicial quase todo morto. Isto demonstrou que a cana não forma um sistema radicial definitivo, há alternância de raízes vivas e mortas, durante o ciclo da cultura.

As raízes dos híbridos de cana-de-açúcar se desenvolvem em sua grande maioria nos primeiros 60 a 80 cm do solo (Inforzato e Alvarez, 1957; Sousa, 1976; Dillewijn, 1952), mas aquelas de sustentação podem atingir alguns metros de profundidade (Inforzato e Alvarez, 1957; Mongelard, 1969; Baran et al. 1974; Thompson, 1976). Além do efeito genético, a distribuição e penetração das raízes estão correlacionadas com a densidade aparente do solo, temperatura, teor de água do solo, aeração, pH, quantidade e distribuição de nutrientes, substâncias tóxicas presentes, patógenos, etc. Além disso, todos esses fatores atuam em interdependência e com interações, nas mais variadas combinações e níveis (Almaras et al., 1988).

De acordo com Silva e Brinholi (1993), entre as variedades exigentes e pouco exigentes em fertilidade, a absorção de fósforo foi o que caracterizou melhor a variedade, mostrando a possibilidade de diferenciação das variedades através das quantidades de fósforo e de potássio absorvidos e do comprimento da raiz.

A importância do manejo da cultura sobre o desenvolvimento radicial da cana-de-açúcar e seu efeito sobre a produtividade agrícola é bem evidenciado por Rosolen (1994), ressaltando alternativas de práticas de manejo que favorecem o desenvolvimento das raízes, que podem resultar em ganhos de produtividade. Exemplificando, o autor relata, que em média quando o sistema radicial da cana-de-açúcar fica concentrado nos primeiros 40 cm de solo, a planta suportaria o estresse hídrico de 8 dias enquanto, que se a profundidade explorada passasse para 1,10 m o período seco poderia atingir até 22 dias.

As raízes da cana-de-açúcar têm dificuldades de desenvolvimento em densidades superiores a 1,3 a 1,5 g cm<sup>-3</sup> (Silva e Strini Jr., 1994; Trowse Jr. e Humbert, 1961; Yang, 1978), obviamente com pequenas diferenças varietais em razão da carga genética diferenciada. As raízes crescem através dos macroporos do solo (Gill<sup>6</sup> e Trowse Jr.<sup>7</sup>, citados por Fernandes, 1979; e Fernandes et al. 1981). Quando estes se tornam reduzidos, tanto elas não conseguem se desenvolver na devida medida, como crescem com achatamentos e torções e com reduzido número

---

<sup>6</sup> GILL, W. R. Mechanical impedance of plants by compact soils. **Transactions of the ASAE**, n.4, p.238-242, 1961.

<sup>7</sup> TROUSE JUNIOR, A. C. Effects of soil compression on the development of sugarcane roots. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Amsterdam, Elsevier, 1967. p.137-152.

de radículas (Gill <sup>6</sup>, citado por Fernandes et al. 1981; Costa Lima, 1995), que acabam por prejudicar a translocação normal de água e nutrientes para a parte aérea, levando a planta a um menor desempenho agrícola.

Pesquisa realizada por Trowse e Humbert (1961) revelaram, que em Latossolo Pouco Húmico do Hawaii, no verão, a taxa média de crescimento da raiz em densidade do solo de  $1,05 \text{ g cm}^{-3}$  foi de  $1,75 \text{ cm dia}^{-1}$ , em densidade de  $1,20 \text{ g cm}^{-3}$  a taxa média foi reduzida para  $1,25 \text{ cm dia}^{-1}$  e em densidade de  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  foi menos que  $0,25 \text{ cm dia}^{-1}$ . No inverno a taxa de crescimento foi substancialmente menor.

O efeito do manejo da colheita sobre a compactação do solo e o desenvolvimento radicial é relatado por Fernandes et al. (1984), o que segundo Barbieri et al. (1984), determina o confinamento das raízes na linha de plantio após o tráfego constante em sucessivas colheitas.

Srivastava (1985) estudando a distribuição da raiz aos 6 meses de idade crescidas em dois níveis de compactação verificou, que em nível mais alto de compactação (densidade de  $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ) inibiu a penetração vertical, encontrando 89,2% das raízes nas camadas de 0-15 cm de solo, comparadas com 51,3% no mais baixo nível de compactação ( $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ ).

O tráfego de maquinaria no cultivo, e principalmente na colheita, é o principal responsável pela compactação dos solos e conseqüente efeito sobre o normal crescimento das raízes. Trowse Jr (1967) cita, que num campo, que em média de vários anos de colheita totalmente manual tinha produzido 132,6 t de cana, caiu para 90 t após dois anos de colheita mecanizada, e para 56 t após três cortes, atribuindo-se isso causada pela compactação. No Brasil, os estudos sobre a compactação do solo por pisoteio também demonstraram seus efeitos danosos no desenvolvimento do sistema radicial e, conseqüentemente, na produção. Fernandes (1979) e Fernandes et al. 1981 demonstram claramente o grande efeito danoso da compactação do solo. Aqueles autores verificaram, como outros também o fizeram, que o sistema radicial não consegue se desenvolver através da camada compactada. Silva e Strini Jr. (1994) constataram, que em Latossolo Vermelho Escuro argiloso, o sistema radicial da SP 71-6163 pesou o dobro em solo com densidade de  $1,10 \text{ g cm}^{-3}$  em relação a outro com  $1,50 \text{ g cm}^{-3}$  de densidade e, que o

peso da parte aérea diminuiu cerca de 40% quando a densidade do solo foi aumentada de  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$  para  $1,50 \text{ g cm}^{-3}$ . Já a SP70-1143, não sofrem nenhuma redução, ambos os casos numa condição de ausência de déficit hídrico. Esta segunda variedade possui algumas características muito semelhantes de *Saccharum spontaneum*, inclusive no sistema radicial, enquanto a outra tem uma raiz frágil.

Outra operação que pode afetar o desenvolvimento do sistema radicial desta cultura, já no seu estabelecimento, é a sulcação. Os resultados de Salata et al. (1987) mostram, que o sulcador com escarificação no fundo do sulco proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicial quando comparado ao sulcador convencional. Este mesmo estudo em cana planta com cinco variedades de cana-de-açúcar, associado com três diferentes sistemas de sulcação em um solo de textura arenosa/média constataram, que com 16 meses 17 a 20% do sistema radicial se encontram na camada de 25 a 65 cm.,

O crescimento e a distribuição das raízes da cana variam acentuadamente com a idade da planta. De modo geral, até o 6<sup>o</sup> mês o crescimento das raízes é lento, aumentando rapidamente até o desenvolvimento máximo ao redor do 12<sup>o</sup> mês, podendo então diminuir com a idade (Lee, 1926; Inforzato e Alvarez, 1957; Rostron, 1974). Resultado de Inforzato e Alvarez (1957) em terra roxa mostram, que a cana planta acumulou 1,8 t de raízes/ha até o 6<sup>o</sup> mês sendo, que 41% destas se encontravam na camada até 30 cm de profundidade. Aos 12 meses as raízes ativas atingiram valor máximo de  $8 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo 71% na camada até 30 cm. Após 12<sup>o</sup> mês, a quantidade de raízes diminui progressivamente até atingir  $6 \text{ t ha}^{-1}$  no 18<sup>o</sup> mês, sendo 66% na camada até 30 cm. Obtendo ainda, aos 18 meses do peso total da parte aérea 80,1% de colmos e 19,9% de pontas e palhas. Outros autores (Stevenson, 1936; Rostron, 1974) também encontraram peso máximo das raízes ao redor do 12<sup>o</sup> mês. O incremento rápido das raízes entre o 6<sup>o</sup> e 12<sup>o</sup> mês mostra haver estreita relação com o crescimento da parte aérea. A menor quantidade de raízes ativas aos 18 meses, deve-se principalmente à morte que se verifica nos 10 cm superficiais do solo. A variação na distribuição relativa das raízes nas primeiras camadas deve-se, principalmente à variação da umidade do solo (Inforzato e Alvarez, 1957).

Rostron (1974) encontrou, que ao redor do 7<sup>o</sup> mês, cerca de 17% de toda massa seca acumulada pela cana era representada pelas raízes. Tal participação relativa decresce gradativamente com a idade da planta atingindo 8% entre 15<sup>o</sup> e 17<sup>o</sup> mês. Isto indica, que no período inicial relativamente mais material é destinado ao crescimento das raízes para desenvolvimento mais rápido do sistema responsáveis pelo suprimento de água e nutrientes. O crescimento das raízes até o 6<sup>o</sup> mês é maior em profundidade enquanto, que entre o 6<sup>o</sup> e o 12<sup>o</sup> mês é maior no sentido lateral.

Aos seis meses as raízes atingem 2,1 m de profundidade sendo, que aos 18 meses chegam a 3,3 m de profundidade (Inforzato e Alvarez, 1957). Já se verificou, que as raízes cordão podem atingir até 6 m de profundidade. Não se observou relação direta entre o desenvolvimento do sistema radicial do cultivar e sua produção de sacarose (Castro, 2001a).

Em estudo de Korndörfer et al. (1989), com cinco variedades de cana-de-açúcar em um solo LVA álico (areia barrenta) constatou-se, que para a cana-planta com 10,6 meses 89 a 92% das raízes situaram-se nos primeiros 30 cm e, que não ocorreram diferenças entre as variedades para a distribuição das raízes.

Observa-se, que existe grande interação entre as práticas de manejo, as características genéticas e o desenvolvimento do sistema radicial da cana-de-açúcar e sua produtividade. Vasconcelos (1998), utilizando o método da trincheira, em um Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa determinou, que o desenvolvimento do sistema radicial da cana planta é extremamente dependente do genótipo estudado, tanto em quantidade total, como em distribuição no perfil do solo, encontrando uma correlação positiva entre a massa seca das raízes entre 20 e 40 cm aos dez meses e o desenvolvimento da parte aérea (altura de colmos) por ocasião da colheita, assim como entre a quantidade aos 60-80 cm e a pol da cana (PCC). Também houve correlação, porém negativa, entre a massa seca de raízes entre 60-80cm e o número de colmos por metro linear indicando, que os assimilados que seriam utilizados para a formação ou manutenção de colmos finais podem ter sido direcionados para a formação de raízes mais profunda.

O mesmo autor, estudando a distribuição do sistema radicial em uma profundidade de 80 cm aos dez meses de idade após o plantio (mês de janeiro)

verificou, que a variedade RB72454 apresentou maior uniformidade de distribuição no perfil, com 55,3% das raízes nos primeiros 40 cm de profundidade e 44,7% entre 40 a 80 cm com uma produção total de massa seca de raízes equivalente a 0,91 t ha<sup>-1</sup>, enquanto RB855536 concentrou 77,2% das raízes nos primeiros 40cm e o restante 22,7% entre 40 a 80 cm com o total de massa seca de raízes equivalente a 1.08 t ha<sup>-1</sup>; RB 835486 com 66,6% nos 40 cm e 33,4% entre 40 a 80 cm com o total de massa seca de raízes de 0,63 t ha<sup>-1</sup>; a variedade SP80-1842 respectivamente, com 72,7% e 27,3% e total de massa seca de raízes de 0,64 t ha<sup>-1</sup>. Aos 16,5 meses de idade após o plantio (na colheita) verificou, que a variedade RB72454 apresentou com 77,5% das raízes nos primeiros 40 cm de profundidade e 22,5% entre 40 a 80 cm com uma produção total de massa seca de raízes equivalente a 1,14 t ha<sup>-1</sup> e produção de colmos por ocasião da colheita de 140,03 t ha<sup>-1</sup>, enquanto RB855536 concentrou 84,3 % das raízes nos primeiros 40cm e o restante 15,7% entre 40 a 80 cm com o total de massa seca de raízes equivalente a 2.26 t ha<sup>-1</sup> e produção de 144,79 t ha<sup>-1</sup> de colmos; RB 835486 com 61,3% nos 40 cm e 38,7% entre 40 a 80 cm com o total de massa seca de raízes de 1,34 t ha<sup>-1</sup> e produção de 121,28 t ha<sup>-1</sup> de colmos; a variedade SP80-1842 respectivamente, com 68,7% e 31,3% e total de massa seca de raízes de 1,26 t ha<sup>-1</sup> e produção total de colmos de 130,51 t ha<sup>-1</sup>.

Vasconcelos (1998) verificou, que dos materiais estudados, a média da massa seca total de raízes passou de 0,67 t ha<sup>-1</sup> aos dez meses de idade para 1.31 t ha<sup>-1</sup> aos 16,5 meses por ocasião da colheita da cana planta, representando um aumento de 95%. O maior aumento ocorreu nas profundidades de 0-20 cm (116%) e de 20-40 cm (110%), enquanto as camadas mais profundas tiveram aumentos de 37% entre 40-60 cm e 79% entre 60-80 cm, entretanto, a quantidade de massa seca de raízes por ocasião da colheita (16,5 meses) não apresentou correlação com nenhum dos parâmetros da parte aérea mostrando, que o desenvolvimento do sistema radicial durante a fase de desenvolvimento da cultura, dez meses após o plantio, tem maior influência sobre a performance final de cada variedade estudada.

Avilan e Meneses (1980), estudando o sistema radicial em profundidade de 80 cm, da variedade de cana-de-açúcar “V58-4” aos seis e doze meses de idade, em solo da Ordem Mollisol, utilizando o método do monólito verificou, que a máxima penetração das raízes foi determinada entre 30-50 cm de profundidade. A maior

concentração lateral das raízes foi localizada entre 0-35 cm do centro da fileira, sendo que aos doze meses de idade, na profundidade de 30 cm, 81% do peso total das raízes se encontram localizados entre 0-35 cm do centro da rua. Também foi determinado que 85 e 87% do peso total das raízes se encontram nos primeiros 30 cm de profundidade aos seis e doze meses de idade, respectivamente.

A literatura registra massas subterrâneas com valores situados numa ampla faixa, indo do mínimo de 3,6 t. ha<sup>-1</sup>, na Louisiana, EUA (Golden, 1974), para o máximo de 22,9 t. ha<sup>-1</sup>, em Pernambuco (Lima Júnior, 1982), com inúmeros valores intermediários (Krutman, 1956; Avilan et al. 1977; Dillewijn, 1952; Inforzato e Alvarez, 1957; Sampaio et al. 1987). No trabalho de Golden (1974), das 3,6 t. ha<sup>-1</sup>, 0,6 t. ha<sup>-1</sup> correspondia a colmos subterrâneos enquanto, que na pesquisa de Sampaio et al. (1987), 3,7 t. ha<sup>-1</sup> do total de massa seca de 6,5 t. ha<sup>-1</sup> correspondia aos colmos subterrâneos. No trabalho de Lima Júnior (1982), os colmos subterrâneos foram pesados junto com as raízes das camadas superiores do solo. Em nenhum dos outros trabalhos citados há menção a colmos subterrâneos (rizomas) e não fica claro se a massa atribuída a raízes inclui, ou não, os colmos.

Sampaio et al. (1987) em solo PVA álico, de textura arenosa, registraram a massa seca total subterrânea (raízes + colmos) passando do mínimo de 3,3 t. ha<sup>-1</sup> aos três meses de idade para o máximo de 6,5 t. ha<sup>-1</sup> aos onze meses de idade, sem diferenças entre tratamento adubado ou não com nitrogênio sendo, que a massa seca de raízes coletadas na profundidade de um metro foram no mínimo de 0,7 tonelada por hectare aos três meses de idade para o máximo de 2,3 t. ha<sup>-1</sup> aos dezesseis meses de idade.

Casagrande (1991) relata, que no final do ciclo da cana-planta, as raízes mais novas são superficiais, pois ao longo do desenvolvimento radicial, as ramificações secundárias ocorrem após o crescimento em alongamento, nos nós situados mais acima do rebento.

### 2.4.3 Sistema radicial da cana soca

De acordo com Alvarez et al. (2000), o desenvolvimento radicial foi mais estudado em cana planta, que em cana soca por isso existem poucas informações sobre o desenvolvimento radicial em cana soca.

Matsuoka (1996) comenta, que a cana-de-açúcar é originalmente uma planta perene. Possuindo uma estrutura tipo rizoma sob os rês do chão, ela brota sempre que a parte aérea for cortada. Essa nova brotação é genericamente denominada soqueira. A primeira vegetação após plantio é denominada cana planta, enquanto as soqueiras são denominadas de primeira soca, segunda soca, etc., conforme as colheitas vão se sucedendo. Como a soqueira se desenvolve a partir da brotação das gemas da base dos colmos colhidos na safra anterior e, que estão submersos no solo, o seu comportamento fisiológico é distinto daquele da cana planta. Primeiramente a distinção resulta basicamente da diferença de desenvolvimento inicial de um broto originário de uma gema do tolete, na cana planta, daqueles originários de rizoma, nas canas socas.

Dada a grande quantidade de gemas nos rizomas, ocorre normalmente uma grande quantidade de perfilhos primários numa mesma touceira, diferentemente da cana-planta, que, além disso, se desenvolve com mais rapidez. No final do ciclo, o número de colmos acaba sendo maior na soca do que na cana planta também, devido à maior velocidade de brotação e formação de perfilhos, a maturação das soqueiras se dá mais precocemente (Stolf, 1982).

Após o corte da cana planta, o sistema radicial antigo mantém-se ainda em atividade por algum tempo, quando tem início a sua substituição pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira. Essa substituição é lenta e gradual, ocorrendo um período onde o sistema radicial antigo atua concomitantemente com o novo sistema em formação. As raízes das soqueiras normalmente são mais superficiais que as da cana planta, pelo fato de que os perfilhos das soqueiras brotam mais próximos da superfície do que os da cana planta. Pelo mesmo fato, quanto maior o número de cortes, mais superficial torna-se o sistema radicial das soqueiras (Bacchi, 1985; Castro, 2001b).



Humbert (1974) comenta, que o sistema radicial das soqueiras é menos volumoso que na cana-planta, ao mesmo tempo em que sua localização torna-se mais superficial, na medida em que se processam os cortes sucessivos.

Casagrande (1991) relata, que ao mesmo tempo em que há a brotação das socas, um novo sistema radicial é formado e algumas raízes vivas seriam importantes para alimentar os rebentos, na fase inicial de desenvolvimento. Raízes de cana-soca estão mais sujeitas a condições mais adversas do solo causadas pelo tráfego; por isso, pelo ciclo mais curto e pela brotação do tolete dar-se próximo, à superfície do solo as raízes da soca são mais superficiais do que as da cana planta. Quanto mais corte for realizado, maior a possibilidade do sistema radicial das socas localizar-se superficialmente.

O processo de decomposição do sistema radicial da cana planta manifesta-se até o final do ciclo da primeira soca e a formação de raízes novas da soqueira, em profundidade, são em menor número (Aguiar Junior, 1976).

Evans<sup>4</sup>, citado por Humbert (1974) observou, que as raízes da cana planta podem permanecer ativas por longo período de tempo depois do corte da cana. O sistema radicial velho, gradualmente, deixa de funcionar e o sistema novo forma-se ao crescer os perfilhos da soca. Neste sentido, Clements (1980) descreve estudos realizados na África do Sul por Glover<sup>1, 8</sup>, sobre a persistência das raízes de cana após a colheita. Estes estudos demonstraram através do uso do <sup>32</sup>P que, apesar de terem parado de crescer entre 2 e 5 dias depois do corte, estas raízes continuaram absorvendo água e nutrientes, mesmo aos 40 dias após esta prática.

Em cana soca, Aguiar Junior (1976), em solo Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa, constatou o entrelaçamento de raízes novas nas entrelinhas da cultura se deu após 45 dias do corte da cana planta verificando também, que o máximo de desenvolvimento do volume radicial se deu aos 75 dias, sendo inferior ao volume radicial da cana planta.

De acordo com Sampaio et al. (1987) é o sistema radicial da cana-de-açúcar, que serve de reserva de nutrientes para a rebrota de cada uma das soqueiras subsequentes e, que também garante a manutenção do carbono nos solos, mesmo

---

<sup>8</sup> GLOVER, J. The behaviour of the root system of sugarcane at and after harvest. **Proceedings South Africa Sugar Technol. Assoc.**, v.42, p.133-135, 1968.

num sistema de manejo de cana colhida queimada. Estando nos primeiros 40 cm de solo 87% do sistema radicial, o que representa 5 t. ha<sup>-1</sup> de massa seca e 2 t. ha<sup>-1</sup> de carbono disponível para a biomassa microbiana a cada ano.

Fernandes (1979) observou, que o sistema radicial de cana planta é mais desenvolvido que o da rebrota diferentemente, de Ball-Coelho et al. (1992), que relataram a maior quantidade de raízes na cana soca. Contudo, Ball-Coelho et al. (1992) consideram raízes vivas e mortas, o que já não está claro em Fernandes (1979).

Ball-Coelho et al. (1992) examinaram o sistema radicial da cana-de-açúcar em um solo Ultisol no Nordeste do Brasil, em uma profundidade de 2 m, em cana planta (colheita sem queimar com 15 meses após o plantio) e primeira cana soca (queimada antes da colheita, 360 dias após a colheita da cana-planta) usando os métodos do cilindro (trado cilíndrico) e minirizotron. Verificou, que a massa de raiz total (vivas mais mortas) e comprimentos de raízes vivas foram maiores durante o ciclo da cana soca, que ao término do ciclo da cana planta, obtendo valores de massa de raiz total na cana soca, variando de 9 a 11 t ha<sup>-1</sup> e na cana-planta de 7,5 t ha<sup>-1</sup> e comprimentos de raízes vivas na soca variando de 14,0 a 17,5 km m<sup>2</sup>, com um aumento significativo, 30 dias depois da colheita da cana planta e uma diminuição posterior para níveis semelhante ao da colheita da cana planta, que foi de 13,8 km m<sup>2</sup>. Morte posterior da raiz nas duas semanas seguinte da colheita da cana soca foi estimada em 1,5 t ha<sup>-1</sup> aproximadamente 17% do total da massa de raízes. Pequena quantidade de raízes finas proliferou na camada da palha iniciando 3 meses depois da colheita, chegando a 1% da massa total e 3% do comprimento total. Massa de raiz total e comprimentos de raízes vivas diminuíram com a profundidade do solo, aproximadamente, 62-69% da massa total foram encontrados nos primeiros 0,50 m superficiais e 38-48% dos comprimentos de raízes vivas nos primeiros 0,30m.

Em estudo de Korndörfer et al. (1989), com cinco variedades de cana-de-açúcar, em solo areia barrenta, LVA álico constatou-se, que para a cana-soca com 4,5 meses 85 a 92% das raízes se localizavam na camada de 0 a 40 cm. Em relação à produção de massa seca total da parte aérea encontrou valores variando de 12,9 a

17,1 t ha<sup>-1</sup>, conforme a variedade estudada, com uma produção total de massa seca de raízes a uma profundidade de 80 cm variando de 1,19 a 1,78 t ha<sup>-1</sup>, conforme a variedade estudada, obtendo a relação raízes e parte aérea variando de 8,7% a 13,1%. Estes autores encontraram maior percentual de massa seca de raiz sobre a parte aérea da cana-soca, quando comparado à cana planta, talvez devido à época de amostragem, realizada aos 4,5 meses de idade, com grande possibilidade de haver resíduo do sistema radicial da cana planta.

Fernandes (1985) avaliou área de soqueira submetida a quatro níveis de compactação: testemunha (sem compactação) e três tratamentos, nos quais o caminhão com peso bruto igual à carga normal de cana passaram uma, duas e três vezes sobre a área recém colhida. Mostrou, que o total de raízes até 100 cm de profundidade diminui com o maior número de passadas do veículo e, que a média de 55% das raízes concentraram-se nos primeiros 40 cm de profundidade, principalmente na projeção da touceira.

Alvarez et al. (2000) trabalhando com cana soca de 1º e 2º anos de rebrota, com cana crua e cana queimada, solo LVE distrófico observaram, que de maneira geral, na cana crua há um maior acúmulo de raízes em superfície enquanto que na queimada em profundidade, devido à maior umidade no solo com palha. As raízes de cana crua distribuíram-se mais superficialmente no 1º ano, com 75% nos primeiros 40 cm, do que no 2º ano, com 70%. Em cana queimada a porcentagem de raízes até 40 cm foi de 72%, no 1º ano e no 2º ano de 68%. A média da quantidade de raízes durante todo o ano de amostragem, comparando-se o 1º e 2º anos foi maior no 1º ano tanto para cana crua como para cana queimada, não tendo os autores distinguido raízes vivas de raízes mortas. O perfil do sistema radicial demonstrou, que as raízes se concentraram mais na superfície e de forma mais marcante na proximidade do eixo da touceira, o que está de acordo com a literatura (Inforzato e Alvarez, 1957; Sampaio et al. 1987; Ball-Coelho et al. 1992). Os mesmos autores observaram ainda quanto à curva de crescimento da massa seca de colmos que no 1º ano, ocorreu um crescimento contínuo acelerado até 339 dias após a colheita (DAC), após um crescimento lento inicial para os dois tratamentos. No 2º ano, ocorreram 3 fases de crescimento nos dois tratamentos: inicial lento; acelerado, chegando quase ao valor máximo final e uma estabilização até o final do ciclo (344

DAC). Tal desempenho, no 2º ano, coincide com aquele relatado por Machado (1987) em, que o acúmulo da massa seca em cana apresenta a forma sigmóide, podendo ser dividida em três fases: 1) fase inicial em que o crescimento é lento; 2) fase de crescimento rápido onde 70 a 80% de toda massa seca é acumulada; 3) fase final em que o crescimento é novamente lento acumulando cerca de 10% da massa seca. Tal padrão de crescimento é característico para diversas variedades, locais e ciclos de cultivo de 9 a 18 meses, variando apenas a duração de cada fase em função do ambiente e características varietais.

Conforme resumo, Mohan-Singh e Agrawal (1984) estudando raízes da soqueira da cana planta observou, que as raízes contribuíram com aproximadamente 3,9 t de massa seca por hectare, contendo 29 kg de N; 3,7 kg de  $P_2O_5$ ; 31,2 kg de  $K_2O$ ; 1,48 kg de Na; 7,8 kg de Ca; 8,12 kg de Fe; 1,08 kg de Mn; 0,07 kg de Cu e 0,1 kg de Zn por hectare.

## **2.5 RELAÇÕES ENTRE CAULE E RAÍZES**

Durante as fases de crescimento e maturação existe mútua dependência entre o sistema caulinar e radicial das plantas, porém, ocorre também intensa competição. As raízes suprem o caule de água e nutrientes e recebem desta, produtos fotossintetizados e reguladores de crescimento. O crescimento de ambos é bem equilibrado, no entanto, a proporção entre massa de raízes e caule ou área foliar e comprimento de raízes apresentam variações consideráveis entre: a) espécies; b) genótipos da mesma espécie e c) ambientes para genótipo específico. Esta habilidade, que as plantas apresentam de variar a relação entre caule e raízes quando em pleno crescimento indica, que as características de crescimento de ambas as partes podem ser alteradas para aumentar sua eficiência (Taylor, 1981).

Segundo Matsuoka (2000), a planta da cana-de-açúcar é particularmente interessante: suas primeiras folhas têm vida mais curta que as posteriores e têm função precípua de formar tanto gemas para a preservação da planta em ciclos sucessivos, as gemas dos estolões, como para perfilhamento, as gemas basais dos colmos que formarão novos colmos. Desta forma, os nós com suas respectivas

gemas se formam um após outro, em intervalos de tempo curtos, praticamente, não formando células de armazenamento entre eles, como é o normal na parte aérea dos colmos. Depreende-se disso que a cada folha corresponde um nó e seu respectivo internódio, este que é a unidade de armazenamento da sacarose. A filocronologia, ou seja, o estudo cronológico da formação de folhas é, portanto, importante para se conhecer em detalhe o processo de desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar.

Grande parte dos carboidratos sintetizados pela planta é utilizada para a formação do sistema radicial, que sofre constante renovação, tanto mais quanto maior as mortes por efeitos ambientais. Obviamente, que quanto mais a planta gastar energia para a formação e manutenção do sistema radicial, menos ela terá para a formação da biomassa aérea. Por isso, é importante procurar dar condições as melhores possíveis para que as raízes estejam sempre em boas condições de funcionamento (Matsuoka, 1996).

A temperatura das raízes e da parte aérea das plantas influencia a direção de movimento dos fotossintetizados. Quando a temperatura das raízes é maior que a da parte aérea a translocação para as raízes aumenta e para parte aérea diminui. Em situação inversa, a translocação para a parte aérea aumenta e para as raízes diminui (Hart, 1965).

O crescimento das raízes segue o padrão característico da espécie e está relacionada ao crescimento da parte aérea, com a tendência de manutenção da relação raiz : parte aérea, dentro de determinados limites. A distribuição dos fotoassimilados nas raízes e na parte aérea, apesar de ser controlados por fatores intrínsecos da planta, pode ser afetada por condições de ambiente. Para plantas anuais, o crescimento das raízes tem prioridades na germinação e crescimento inicial (maior relação raiz : parte aérea); após, segue-se o maior crescimento da parte aérea, especialmente na fase reprodutiva, quando a grande parte dos fotoassimilados são alocados para as sementes e frutos. Em plantas perenes, o crescimento ocorre por fluxos de atividade, com padrões de distribuição dos fotoassimilados variando com a estação do ano (Klepper, 1991).

Segundo Barbieri (1993) o desenvolvimento da cana-de-açúcar começa muito lentamente, na gema em brotação e aumenta gradualmente, até alcançar o máximo,

e após é seguido de uma diminuição gradual. Esta tendência é explicada pelo fato de que na etapa inicial de brotação, o aparato de assimilação (folhas), assim como os aparatos de absorção (raízes), são muitos pequenos. Em consequência, a massa orgânica é produzida em ritmo limitado. Com cada aumento da massa seca, tanto o aparato de assimilação como o de absorção são aumentados e em consequência aumenta-se a produção de massa seca. Ao aumentar a idade da planta, a proporção de tecidos que não contribuem na produção de massa seca cresce de maneira gradual. Isso se aplica particularmente ao colmo, às folhas que recebem pouca ou nenhuma luz e aquela parte do sistema radicial, que não participa ativamente da absorção. Esses órgãos, não só não são mais ativos no processo de produção, como alguns dele consomem carboidratos com a respiração.

Quando certa quantidade da parte aérea é removida, observa-se a aceleração do seu crescimento em relação ao crescimento das raízes até, que o balanço seja novamente encontrado entre fotossintatos, hormônios de crescimento, água e minerais da planta. Da mesma forma, quando parte do sistema de raízes é danificado o crescimento das raízes acelera até, que esse balanço seja novamente encontrado (Taylor e Arkin, 1981).

Smith et al. (1999) em seus estudos verificaram, que o crescimento da raiz em condições fisicamente limitada (poda de raiz ou desfolhamento) reduziram significativamente os pesos totais das plantas, mas não influenciando a partição da biomassa entre raízes e parte aérea. Estas descobertas sugerem, que o crescimento da parte aérea esta diretamente relacionado à capacidade funcional do sistema radicial sugerindo também, que sempre ocorrerá o restabelecimento do equilíbrio entre o sistema radicial e caulinar.

A proporção da raiz em relação à parte aérea varia com a idade da planta, sendo maior no início e diminuindo com o correr do tempo: de cerca de 17% aos oito meses passa para 8% aos 17 meses (Rostron, 1974); em termos de peso isso equivale a 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> (Inforzato e Alvarez, 1957; Rostron, 1974; Salata et al. 1987). Durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar, o padrão de distribuição de massa seca entre a parte aérea e raiz podem variar também em função das condições ambientais (Machado, 1987). Verificou-se, em planta de cana, com 6 meses de idade, deficientes em nitrogênio, uma relação parte aérea : raiz de 1,32, enquanto

que em plantas não deficientes tal relação foi ao redor de 4, isto é, em plantas deficientes observou-se, relativamente, uma prioridade ainda maior no desenvolvimento das raízes (Silveira, 1980; Silveira e Crocomo, 1981).

Machado et al. (1982) consideram, que o acúmulo de massa seca em cana apresenta curva sigmóide, podendo ser dividida em três fases: a) fase inicial, na qual o crescimento é relativamente lento, entre o plantio e 200 DAP (dias após plantio), março-outubro; b) fase de crescimento rápido, entre 200 e 400 DAP (outubro-maio), na qual 70 a 80% de toda massa seca são acumuladas, e fase c) em que o crescimento torna a ser lento, entre 400 e 500 DAP (maio-agosto), acumulando cerca de 10% de massa seca, sendo que este padrão de crescimento é característico para diversos cultivares, locais e ciclos de cultivos de 9 a 18 meses, variando apenas a duração de cada fase, em razão das variações do ambiente e das características varietais.

Gava et al. (2001) trabalhando com a variedade SP80-1842, no estágio de quarto corte (terceira soca), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, argilo-arenoso, com dois tratamentos: mistura de vinhaça e uréia aplicadas em toda área sobre o solo coberto por palhada; uréia enterrada em sulcos nos dois lados das linhas da cana, com prévia aplicação de vinhaça sobre o solo sem palhada verificaram, que em relação aos valores de acúmulo da massa seca total nos dois tratamentos, representam três fases do desenvolvimento: a primeira fase de desenvolvimento foi de 0 a 60 DAC (dias após o corte), e o crescimento nesta época foi lento, e a planta acumulou cerca de 6% da massa seca total contida na parte aérea. A segunda fase de desenvolvimento ocorreu no período de 60 a 210 DAC, quando a parte aérea da planta representou elevada taxa de crescimento e acumulou, neste intervalo, 81% da massa seca. A terceira fase, caracterizada como fase de maturação, ocorreu de 210 a 299 dias, quando o acúmulo de massa seca foi, em média, de 13%. Nos dois tratamentos, a taxa máxima de produção de massa seca (TPMS) ocorreu aos 137 DAC (fevereiro) com TPMS máxima variando de 22,4 a 18,5 g m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> e TPMS média de 7 a 11 g m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, conforme o tratamento, apresentando a curva com formato de sino, nos dois tratamentos, sendo baixa a TPMS no início do ciclo, e aumentou rapidamente, até atingir o valor máximo, para em seguida, decrescer. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Machado et al. (1982), que

obtiveram TPMS máximo em cana-planta aos 300 DAP (dias após o plantio) também em fevereiro, de  $25 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  com média de  $12 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

Resultado de Inforzato e Alvarez (1957) em terra roxa mostram, que para a cana planta a distribuição de massa da raiz foi de 4,1% em relação à massa total aos 6 meses de idade, de 7,4% aos 12 meses e de 4,6% aos 18 meses. Aos 18 meses da massa total 76,3% correspondeu a massa dos colmos, 19,1% para as pontas e palhas e 4,6% para a massa de raízes ativas em uma profundidade de 2,10 metros.

Analisando os dados de Salata et al. (1987), com cinco variedades de cana-de-açúcar, associado com três diferentes sistemas de sulcação em solo de textura arenosa/média verifica-se, que para a cana-planta o peso médio de raiz por hectare foi de 26,50% do peso médio total da massa verde da parte aérea por hectare aos 6 meses de idade, de 12,44% aos 9 meses de idade, de 4,53% aos 11 meses de idade. Em relação a toneladas de cana por hectare na colheita com 16 meses de idade encontrou valores variando de 135 a 187 e com a produção de toneladas de massa total de raiz por hectare na profundidade de 65 cm variando de 6,37 a 9,00, conforme a variedade estudada, obtendo a relação média geral entre as variedades estudadas de raízes e parte aérea por ocasião da colheita de 3,99.

Em estudo de Korndörfer et al. (1989), com cinco variedades de cana-de-açúcar, em solo arenoso LVA álico, constatou-se, que para a cana planta com 10,6 meses, 89 a 92% das raízes situaram-se nos primeiros 30 cm e que não ocorreram diferenças entre as variedades para a distribuição das raízes. Em relação à produção de massa seca total da parte aérea encontrou valores variando de 15,4 a 21,8  $\text{t ha}^{-1}$ , conforme a variedade estudada, com a produção total de massa seca de raízes na profundidade de 70 cm variando de 0,91 a 1,57  $\text{t ha}^{-1}$ , conforme a variedade estudada, obtendo a relação raízes e parte aérea variando de 4,2% a 10,2%.

Miocque (1999), no Município de Matão (SP), em solo LVE distrófico, textura média, durante o período de dez anos (1987/97) e considerando as variedades selecionadas como as mais produtivas no ano respectivo, em seus estudos obteve a produtividade média de dez safras de 150,24  $\text{t ha}^{-1}$  de massa verde total (cana integral) e 110,18  $\text{t ha}^{-1}$  de colmos, com a produção média total de folhas mais



pontas de 40,06 t ha<sup>-1</sup>, representando a média geral de 26,66% do total de massa verde. O mesmo autor demonstrou, que o máximo de crescimento da cana planta se manifestou nos meses de dezembro e janeiro e, que de maio a janeiro a cana cresceu 67% e, de fevereiro a abril, o restante 33%.

Furlani Neto et al. (1997) trabalhando com colheita mecanizada em canaviais de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> soca, com 12 meses de idade, com e sem queima prévia, com duas variedades, verificou a produtividade de massa verde total, variando conforme a variedade de 94 a 115 t ha<sup>-1</sup>, com a produção de colmos variando de 68 a 82 t ha<sup>-1</sup> e de 25 a 32 t ha<sup>-1</sup> de palmitos; folhas verdes e palhas representando em torno de 27 a 28% da massa verde total produzida.

Segundo Matsuoka (1996), em termos de lavoura, o que determina a produtividade final é a arquitetura do dossel da cultura, dada pela conjunção da arquitetura de cada planta que a compõe. Assim, a arquitetura do dossel da cultura é resultado da arquitetura da variedade, da densidade populacional e do arranjo espacial das plantas.

Após a germinação inicia-se o desenvolvimento das folhas, que são responsáveis diretas pela transformação da energia solar em energia química através da fotossíntese. Cada colmo produz uma nova folha a cada 10 dias aproximadamente (Glasziou et al. 1965), e devido a senescência e queda das folhas mais velhas observa-se o número praticamente constante, de 8 a 10 folhas por colmo, após o fechamento do dossel (Machado, 1981).

O desenvolvimento do índice de área foliar (IAF), durante o ciclo da cultura, é de extrema importância para os estudos de crescimento e produção. Para cada estágio da cultura, existem diferentes IAF. Yoon (1971), verificou que o IAF atingiu valor máximo de 5,03 sendo, que na maturação esse valor caiu para 3,56. Chang (1968) encontrou, que o índice de área foliar é ótimo ao redor de 9 à 12. Gascho e Shih (1983) notaram, que o valor máximo foi alcançado aos 6 meses de idade da planta enquanto, que se obteve o mesmo máximo de colmos aos 5 meses de idade.

Irvine (1973) estudando área foliar em cana-de-açúcar constatou, que o índice de área foliar pode ser usado como indicador da eficiência da produção e do potencial de retirada de água do solo. O autor relata, que culturas em condições de bom suprimento hídrico, mas com IAF menor que 3, apresentam ineficiência de

absorção, ao contrário, com IAF maior que 3 apresentam boa eficiência na absorção de água, nutrientes e assimilações de luminosidade. Sendo, que conforme citado por Machado et al. (1987) o IAF de aproximadamente 4 é suficiente para interceptar 95% da radiação solar incidente. Segundo Larcher (2000), com um índice de área foliar igual a 4, a superfície do solo estaria coberta quatro vezes pela mesma área com folhas ordenadas, evidentemente, em várias camadas. O IAF máximo varia entre 2 e 8 dependendo da variedade, local de plantio, ambiente e principalmente da densidade de plantio (Irvine e Benda, 1980)

No início do ciclo da cultura o IAF é pequeno e apresenta crescimento lento. Depois, o IAF aumenta rapidamente até o máximo permanecendo praticamente, constante ou diminuindo em condições climáticas desfavoráveis (Gosnell, 1969; Irvine, 1983; Machado et al. 1982, 1983, Silveira, 1985).

Segundo Cock (2001), o padrão geral de desenvolvimento do IAF em cana-de-açúcar é aumentar até o máximo entre 4-8 meses e então lentamente declinar. Valores máximos de mais de 8 tem sido relatado, mas valores mais comuns ficam entre 4-5, embora, a análise de séries de experimentos em diferentes partes da Austrália, relatam a alta proporção dos testes com IAF máximo variando de 6-8. Os números totais de folhas funcionais expandidas por colmo normalmente variam conforme o local entre 6-13. O número de folha por colmo em cultura bem desenvolvida é regulado pelo sombreamento.

A produção de uma folha e a senescência das mais velhas ocorrem simultaneamente (Glasziou et al. 1965; Hart e Burr, 1967). O colmo dá origem a uma nova folha, aproximadamente a cada 10 dias. Após ter completado em torno de 6 folhas, contadas a partir da 1ª aurícula visível, pouca luz consegue atravessar estas folhas. A partir daí, dando origem a uma nova folha, inicia-se a senescência da folha mais velha de número 7. Ao dar origem à 10ª folha, a de nº 10 já deve estar morta, não fazendo mais parte da matéria viva do canavial. Este processo, morte e substituição das folhas ocorrem durante toda vida da planta, de forma que a idade média das folhas permanece praticamente constante. Mantém-se assim, o número aproximado de 9 folhas vivas por colmo. Resultados semelhantes foram observados por Waldron et al. (1967), onde a maior porção da energia incidente foi interceptada

pelas seis folhas superiores. As folhas abaixo iniciam a senescência e o seu potencial fotossintético individual em torno de 60% das folhas acima.

A duração da folha ativa varia de 1 a 5 meses, conforme a idade da planta e as condições ambientais. Devido ao sombreamento, as folhas inferiores recebem menor quantidade de radiação, havendo redução em sua taxa de fotossíntese. Para compensar tal redução, a cultura aumenta sua área foliar até atingir o máximo. Após esse ponto, há contínua renovação de folhas, sendo as mais velhas substituídas por novas, mais eficientes (Hart e Burr, 1967; Waldron et al. 1967; Gosnell, 1969; Mclean et al. 1969, Machado et al. 1982, 1983).

No período inicial do desenvolvimento da cana a maior parcela da MS produzida é destinada ao crescimento das folhas. Até os 100 dias após o plantio a MS das folhas representa mais que 70% de toda MS da planta. Depois, a quantidade relativa de MS das folhas diminui progressivamente até que ao redor dos 400 dias após o plantio as folhas representam apenas 9% (Machado et al. 1982). O mesmo autor cita, que: 1. Entre o plantio e 100 DAP (março-julho), o crescimento das folhas foi lento; 2. Entre 100 e 250 DAP (julho-dezembro), o crescimento foi rápido, correspondendo a aproximadamente 75% do máximo atingido; 3. Após 250 DAP (dezembro), o crescimento das folhas foi novamente lento até que se estabilizou ao redor dos 300 DAP (fevereiro). O crescimento das folhas antecedeu ao crescimento dos colmos. Houve constante renovação de folhas, sendo as mais velhas substituídas por novas mais eficientes. Entre 300 e 400 DAP (fevereiro-maio), as taxas de emissão e senescência das folhas se igualaram e foram mantidas, aproximadamente, dez folhas por colmo até 400 DAP. Nos estádios iniciais da cultura, houve superprodução de colmos, com o máximo por volta de 125 DAP em ambas as variedades (CB41-14 e NA56-79). Posteriormente, houve uma redução natural de, aproximadamente, 50% no número de colmos  $m^{-2}$ . A densidade final de colmo foi de 8 e 9 colmos  $m^{-2}$ , respectivamente. A população de colmos decresceu acentuadamente no período em que o IAF praticamente duplicou, indicando, que possivelmente, o contínuo aumento do número de colmos nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura tenha sido reflexo da pequena área foliar por colmo em plantas novas. No período entre 125 e 225 DAP (agosto-novembro), a mortalidade

de colmos ocorreu, principalmente, em função da competição entre colmos e do progressivo sombreamento exercido pelas plantas mais desenvolvidas.

Machado (1987), comenta que a mortalidade dos colmos coincide com o período em que IAF aumenta rapidamente sugerindo, que além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação deste comportamento.

Tokeshi (1986) verificou, que é importante ressaltar que na curva de perfilhamento da cana-de-açúcar o seu ponto máximo ocorre, em geral, entre quatro e seis meses em cana planta. Quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50 cm de altura do colarinho da folha +1, inicia-se a concorrência por luz, água e nutrientes dentro e entre plantas. A tendência é de estabilizar-se o número de perfilhos e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes, o seu número decresce com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados.

Estudando o crescimento do IAF, tanto para condições ambientais naturais como com irrigação e espaçamento entre sulcos de 1,40 m, Leme et al. (1984) mostraram, que o tratamento irrigado promoveu o IAF ligeiramente superior ao não irrigado. O IAF mostrou-se maior para cana planta, evidenciando o maior vigor vegetativo do que na primeira soca e na segunda soca. Durante o ciclo de cana planta os tratamentos irrigados apresentaram a partir do quarto mês de idade, valores de IAF acima de 4,0, atingindo o máximo de 6,8 entre o quinto e o oitavo mês. Para os ciclos de cana de primeira soca, nos tratamentos irrigados da cana de primeira e segunda soca o IAF esteve acima de 4,0 a partir do terceiro mês, atingindo o máximo de 4,5 entre o quarto e quinto mês, porém mantendo com esse índice por um curto período de tempo (um mês). Tanto na cana planta a partir dos 12 meses como na primeira e segunda soca a partir dos 9 meses de idade tiveram um decréscimo rápido do IAF até a colheita, atingindo valores abaixo de 3,0. A determinação do IAF, segundo os mesmos autores, permite estabelecer três estágios de desenvolvimento da cultura para os ciclos de cana planta, primeira soca e segunda soca: o primeiro estágio apresentou-se com o período de aproximadamente quatro meses com aumento rápido do IAF, atingindo valores acima de 4,0, o segundo é mais longo e abrange toda fase de máximo crescimento vegetativo, com o valor máximo permanecendo constante durante um certo intervalo

de tempo, aproximadamente dois meses e meio para cana planta e um mês para cana de primeira e de segunda soca; e o terceiro estágio teve o decréscimo rápido do IAF até a colheita, atingindo valores abaixo de 3,0.

Teruel et al. (1997), utilizando os dados coletados por Leme et al. (1984) comentam, que as curvas de variação de IAF para todos os cultivos (cana-planta; primeira e segunda soca) tem forma semelhante, mostrando a fase inicial de crescimento lento, seguido pela fase de crescimento rápida, outro crescimento lento ou fase de estabilização, e finalmente a fase de decréscimo no IAF. Foi observado o maior vigor vegetativo no cultivo da cana planta, ocorrendo a diminuição significativa no vigor vegetativo no cultivo seguinte (primeira soca), não tendo nenhuma diminuição adicional na cana de segunda soca. Portanto os valores de IAF ao longo do ciclo foram semelhantes para os cultivos da primeira e segunda soca. Os autores concluem, que as reduções nos valores de IAF nos cultivos de socas resultam do número menor de perfilhos nestes cultivos em comparação com a cana planta, além de piorar as características químicas do solo bem como a compactação do solo causada pelo tráfego de veículos pesados durante a colheita.

Alvarez e Castro (1999), trabalhando com cana socas de 1º e 2º anos de rebrota com cana crua e cana queimada, solo LVE distrófico verificaram, que o comportamento das curvas de crescimento de IAF é muito parecido com o das curvas de crescimento da massa seca das folhas, encontrando valores máximos de IAF no 1º ano de rebrota, de 11,56 e 12,55 respectivamente para cana crua e para a cana queimada, aos 247 DAC (dias após a colheita); no 2º ano de 9,89, aos 198 DAC para cana crua, e 10,24, aos 344 DAC para cana queimada. Tais valores são considerados altos, baseando-se em Irvine e Benda (1980), que definem IAF variando entre 2 e 8; San Jose e Medina (1970) obtiveram IAF máximo de 7,6 e Yoon (1971), de 5. Contudo, Chang (1968) encontrou valores ótimos ao redor de 9 a 12. Os IAF médios obtidos nesse trabalho foram mais altos no 2º ano (5,19 para cana crua e 5,63 para cana queimada) que no 1º ano (4,82 e 5,16 respectivamente). Os mesmos autores verificaram ainda, que o IAF aumenta de cerca de 0,9 e 1,2, respectivamente em cana crua e cana queimada, aos 150 DAC do 1º ano de rebrota, para aproximadamente 7, nos dois tratamentos, aos 213 DAC, atingindo 4 em torno de 175 DAC. Já no 2º ano de rebrota, aos 131 DAC, o dossel está fechado, nesse

momento, o IAF nos dois tratamentos atinge 4, enquanto que na data anterior (110 DAC) era de 1,7 em cana crua e 2,4 em cana queimada.

Para Medina et al. (1970), o fechamento quase total do dossel ocorre quando o IAF torna-se maior que 4 e a partir do qual, também passa a ocorrer morte de folhas pelo auto-sombreamento. Medina et al. (1970), estudando o desenvolvimento da área foliar e a distribuição espacial com relação à interceptação da radiação encontrou, que o fechamento quase total ocorre quando o IAF torna-se maior que 4. Este fato determina a aceleração do amarelecimento e morte das folhas. O que quer dizer que superfícies foliares (IAF) maiores que 4 praticamente não são assimilatórios. Atingindo o valor máximo de IAF de 7,6, aos 220 dias e se mantendo estável até os 317 dias após o plantio.

Barbieri (1993) citando vários autores afirmou, que durante o estágio de fechamento do dossel, ocorre à superprodução de colmos. O pico da população ocorre, aproximadamente, entre 3º e 5º meses após o plantio, mas em seguida, em torno de 50% deles morrem e a população torna-se estável perto dos 9 meses de idade (Machado, 1981; Leme et al. 1982; Rosenfeld e Leme, 1984). A morte desses colmos também é considerada como perda de massa seca, ou melhor, de produtos fotossintetizados (celulose e lignina principalmente). Considera-se também, que ao serem descartados durante o processo de competição, não fazem mais parte da massa viva, portanto não consomem mais energia pelo processo de respiração.

Para a cana-de-açúcar, 4 grandes estádios de crescimento podem ser distinguidos, conforme Kuyper, citado por Doorenbos e Kassan (1994). A cultura não só acumula massa seca, como também passa por vários estágios fenológicos: 1) estabelecimento, 2) vegetativo, 3) formação da produção e 4) maturação. Durante estes estágios ocorre a partição dos produtos fotossintetizados. Pode-se considerar os resultados citados por Dillewijn (1952) e os obtidos por San Jose e Medina (1970), como bons exemplos para a cana-de-açúcar. Pode-se observar a distribuição da massa seca nos diferentes órgãos: raízes, colmos e folhas. Estes últimos autores enfatizam, que a massa foliar desenvolve mais rapidamente que o incremento da massa seca total e, que o incremento da massa foliar e das raízes alcançaram 95% do valor total aos 250-260 dias. Nesta etapa as quantidades de

folhas produzidas igualam a massa de folhas, que morrem nas camadas inferiores da plantação.

Conforme os resultados obtidos por San Jose e Medina (1970), o acúmulo de massa seca das raízes da cana-de-açúcar é praticamente igual ao das folhas vivas, durante quase todo o ciclo da cultura, para a variedade estudada 'PR 980'. A relação parte aérea : raiz se estabilizou cerca dos 200 dias após o plantio e alcançou o valor de 7,5. Os autores ressaltam que o valor real deve ser um pouco menor, levando em conta que conforme a metodologia usada somente se coletou cerca de 80% do total de raízes, não distinguindo raízes mortas no material coletado. Aos 317 dias após o plantio a produção total de biomassa seca alcançou  $69 \text{ t ha}^{-1}$  com as seguintes distribuições: 60,9% de colmos; 6,8% de colmos mortos; 10,9% de folhas verdes; 11,8% de folhas mortas e 9,6% de raízes. O aumento do índice de área foliar total foi quase linear até os 230-250 dias após o plantio. A área foliar assimilatória (folhas verdes) atingiu um valor máximo de  $7,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  aos 220 dias e se manteve estável até os 317 dias apesar de que a produção de folhas continuou somente, que a produção de folhas igualou com as perdas por mortes das folhas na base do canavial. A área foliar não assimilatória (folhas amarelas e secas) aumentou com padrão semelhante ao da área assimilatória e atingiu aos 317 dias após o plantio o seu valor máximo de  $7,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . O processo de amarelecimento e morte das folhas basais começou a partir dos 90 dias depois do plantio, tornando-se significativo aos 120 dias, neste momento alcança um valor de  $2,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , aumentando rapidamente a partir dos 150 dias quando ocorre o período de fechamento completo do dossel, e aumentando continuamente até os 317 dias, quando atinge  $7,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Para Medina et al. (1970), o fechamento quase total do dossel ocorre quando o IAF torna-se maior que 4 e a partir do qual, também passa a ocorrer morte de folhas pelo auto-sombreamento.

Ramesh e Mahadevaswamy (2000), estudaram o efeito de três níveis de seca (severa, moderada e nenhuma seca) durante a fase vegetativa (60-150 dias após o plantio - DAP) no perfilhamento da cana-de-açúcar, na conversão de brotos para canas industrializáveis. As diferentes classes de perfilhos estudados foram: brotos mãe (emergido 0-30 DAP), perfilhos precoces (30-60 DAP), perfilhos médios (60-150 DAP) e perfilhos tardios (150 DAP). Os autores verificaram, que níveis moderados

de mortalidades de perfilhos são evidentemente necessários para obter maiores quantidades de canas industrializáveis e subseqüentemente maiores rendimentos de cana. O broto mãe e os perfilhos precoces contribuíram com a maioria do número total de canas industrializáveis (84,5%) e do rendimento de cana total para colheita (86,2%). A contribuição dos perfilhos tardios para o número de canas industrializáveis e no rendimento da cana foi insignificante. Houve a redução progressiva nas características do colmo tais como comprimento da cana, número de entrenós, peso do colmo e porcentagem de açúcar da cana comercial com o decréscimo na idade fisiológica dos perfilhos.

Amplitude de variação de produtividade dos cultivares foi constatada, em condições de campo, por Dias (1997), Dias et al. (1999), Maule et al. (2001) e Suguitani (2001). Dias (1997), estudando a produtividade agrícola média de seis cultivares de cana-de-açúcar, no estágio de cana-planta, em seis tipos de solos, na região Noroeste de São Paulo, atribuiu a vantagem produtiva do solo com maior potencial de produtividade, em relação aos demais, à associação das características físicas, que permitiram um bom armazenamento de água e às boas condições químicas. Dias et al. (1999) considera, que foi provavelmente em função de maior desenvolvimento radicial no perfil, aproveitando não somente os maiores teores absolutos em nutrientes, como também a água armazenada na camada B. Maule et al. (2001) consideram os fatores, que contribuíram para a maior produção vegetal no solo de maior potencial, como resultado da associação das condições químicas às condições físicas do solo, apresentando o melhor desenvolvimento radicial, o que possibilitou melhor aproveitamento na absorção de nutrientes e água. Suguitani (2001) considera, que o maior desenvolvimento no solo argiloso seja resultado da melhor condição química em relação ao solo arenoso.

Vitti et al. (2002) comentam, que o solo que apresenta menor velocidade de drenagem pode proporcionar à cultura da cana-de-açúcar melhor aproveitamento das precipitações, assim como aumentar a eficiência de aproveitamento de alguns nutrientes principalmente, nitrogênio e potássio, altamente lixiviáveis através da drenagem.

Dias (1997) estudando a produtividade agrícola média de seis cultivares de cana-de-açúcar, no estágio de cana-planta, em seis tipos de solos, na região



Noroeste de São Paulo observou, que no solo de maior potencial houve grande diferencial de produção agrícola, no entanto, considerando-se as características de maturação (precoce, média e tardia), todas apresentaram excelentes rendimentos. Já no solo de menor potencial ocorreu redução dos valores e da amplitude de variação das produtividades (menor expressão dos potenciais genéticos), ocorrendo inclusive a sensível modificação na performance das variedades.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar, do Setor de Ciências Agrárias (SCA) da UFPR, em Paranavaí-PR, em condições de rizotron. Este rizotron (Figura 01) é uma construção em alvenaria com dois metros e cinco de altura e sete metros de comprimento, com o tronco em forma de trapézio, com quatro metros e vinte e dois de largura na base inferior e dois metros e vinte na parte superior, com inclinação de  $25^{\circ}$ , para maior contato das raízes com o vidro. As paredes laterais são de armação de ferro, sendo a parede interna constituída de vidro temperado transparente de 12 milímetros, com medida de 1,00 X 2,20 m, o que permite o desenvolvimento das raízes e a sua visibilidade em contato com o vidro e a externa, com placas de cimento amianto de 4 milímetros, como isolante da temperatura. O espaço entre o vidro e a placa de cimento amianto é regulável e pode ir até a 30 cm, onde se coloca o substrato. O rizotron foi dividido em quatorze “janelas” (compartimentos) de 1 metro de largura por 0,25 metro de comprimento por 2,20 metros de profundidade. Dentro das janelas foram colocados canos de PVC, com furos ao longo do comprimento, cheios de areia e brita por onde se pode irrigar todo o perfil do substrato. As placas de cimento amianto podem ser retiradas na parte superior e na parte inferior das paredes externas sem que haja desmoronamento do substrato devido à inclinação das paredes.

Os solos utilizados como substrato foram coletados nas Estações Experimentais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, em Paranavaí, representando o solo arenoso - Latossolo Vermelho Distrófico Típico A moderado textura média, e em Bandeirantes, o solo argiloso - Latossolo Vermelho Eutroférico A moderado textura argilosa (EMBRAPA, 1999). As amostras foram retiradas da camada superficial de 0 a 20 cm. As suas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 01.

Estes substratos, em função dos teores encontrados, foram homogeneizados com fertilizantes, elementos simples, para elevar a saturação de potássio a 5% da CTC, o fósforo a  $60 \text{ mg dm}^{-3}$ , mais 1 t de calcário (PRNT = 100) e nitrogênio aplicado na proporção de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Após a mistura com os fertilizantes (betoneira), os substratos foram colocados uniformemente em todo o perfil de cada

janela do rizotron. As características químicas dos substratos após aplicação dos fertilizantes encontram-se na Tabela 02.

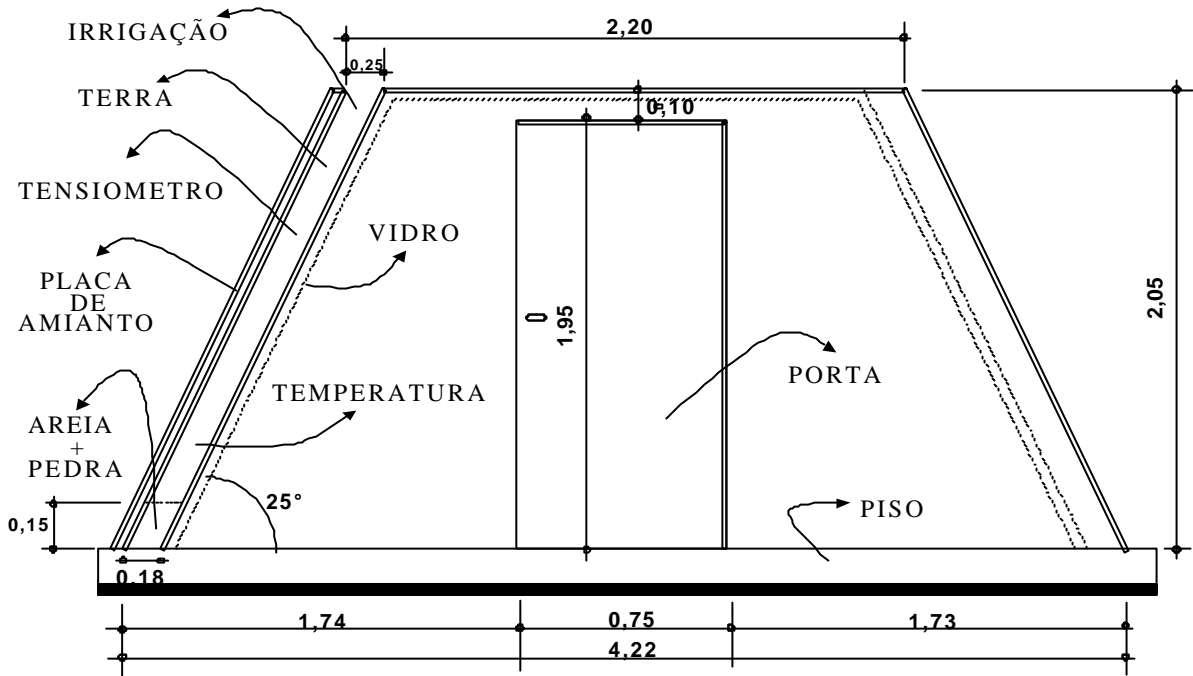


FIGURA 01 – Desenho esquemático do rizotron.

TABELA 01- Resultados das análises, química e granulométrica do substrato (A), argiloso e do substrato (B), arenoso, CEEEx–Paranavaí/Bandeirantes, SCA–UFPR, 1999.

-----Química-----									-----Física-----		
	pH	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P	C	Areia	Silte	Argila
(Camada)	CaCl <sub>2</sub>	.....cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> .....				mg.dm <sup>-3</sup>		g.dm <sup>-3</sup>	.....%.....		
Substrato B (Argiloso)											
0-20 cm	5,0	0,0	5,45	5,20	1,60	0,16	10,2	26,8	9,0	22	69
Substrato A (Arenoso)											
0-20 cm	5,2	0,0	2,37	1,15	0,85	0,15	8,0	9,19	82	1,0	17

TABELA 02 – Resultados das análises, química do substrato A, argiloso e do substrato B, arenoso, no plantio, CEEEx - Paranaíba/Bandeirantes, SCA - UFPR, 1999.

	pH	Al <sup>+3</sup>	H + Al	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	P	C
(Substrato)	CaCl <sub>2</sub>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>
<b>A - Argiloso</b>	6,2	0,0	3,2	6,3	3,3	0,56	48,4	26,80
<b>B - Arenoso</b>	6,1	0,0	2,0	3,2	1,8	0,61	52,8	9,19

O plantio foi realizado em 06 de abril de 1999, colocando-se um tolete de uma gema pré-germinada por janela. As mudas usadas vieram de viveiros da Estação Experimental de Paranaíba com 11 meses de idade. A colheita da cana planta foi realizada no dia 27 de junho de 2000, em seguida foi feita à adubação de soqueira, com o equivalente de 20-00-20 com 600 kg ha<sup>-1</sup>. A colheita da cana de primeira soca, ocorreu no dia 10 de julho de 2001. Na Tabela 03, estão apresentados os resultados médios das análises química, do substrato argiloso e arenoso, coletados após a colheita da cana de primeira soca.

TABELA 03 - Valores médios de nove amostragens em profundidade de 200 cm, em extratos de 20 em 20 cm, das análises química, dos substratos A, argiloso e B, arenoso, após o corte da cana de 1ª soca, CEEEx-Paranaíba/Bandeirantes, SCA – UFPR, SET/2001.

	pH	Al <sup>+3</sup>	H + Al	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	P	C
(Substrato)	CaCl <sub>2</sub>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>
<b>A- Argiloso</b>	5,6	0,0	3,9	5,6	2,4	0,35	19,16	15,04
<b>B - Arenoso</b>	5,6	0,0	2,7	1,9	1,4	0,22	23,56	7,10

A umidade do substrato na cana planta como na cana de primeira soca foi mantida próxima à capacidade de campo ao longo do perfil por meio de irrigação suplementar por gotejo.

As placas de cimento amianto (parede externa) foram protegidas do aquecimento excessivo do sol, com telas de plástico preto (sombrite 50), as quais foram fixadas na parte externa do trapézio, na altura de 2,20 metros (nível do rizotron). A medição da temperatura do solo foi feita através de termômetro digital GULterm 1001, com sondas intercambiáveis de termopar tipo K com 10 cm de profundidade. Foram feitos orifícios de 3 mm de diâmetro nas paredes externas das placas de amianto, em cada lado do rizotron, nas profundidades de 20; 40; 80 e 160 centímetros, para leitura diária nos horários das 08, 12 e 18 horas, com medições nos dois tipos de solos, bem como à campo, na profundidade de 20 cm da superfície do solo.

As variedades em estudo foram: RB835486, RB855536 e SP80-1842. A variedade RB835486 tem como progenitores (L60-14 X ?), apresenta germinação e perfilhamento regulares, bom fechamento de entrelinhas, brotação de soca regular mas, sempre com boa produção de colmos, pouco exigente em fertilidade do solo, maturação precoce/média, muito rica em açúcar, tolerância intermediária à ferrugem e ao carvão. A variedade RB855536 tem como progenitores (SP70-1143 X RB72454), germinação e perfilhamento bom, rápido fechamento de entrelinhas, excepcional brotação de soca, porte ereto, maturação média, com alto teor de açúcar e boa estabilidade, resistente às principais doenças, com exceções das estrias-vermelhas e mancha anelar (Matsuoka et al., 1998); (Arizono et al., 2000). A variedade SP80-1842 tem como progenitores (SP71-1088 X H57-5028), perfilhamento médio, fechamento de entrelinhas médio, excelente brotação de soqueiras, porte ereto, maturação precoce, baixa exigência em fertilidade do solo, rica em açúcar e com boa estabilidade, boa resistência ao carvão e à ferrugem e intermediária, à escaldadura e ao raquitismo das soqueiras (COPERSUCAR, 1993).

Foi avaliado o sistema radicial na cana planta, aos 50, 91, 125, 155, 188, 218, 354 e 448 dias após o plantio (DAP) e na cana de primeira soca, na colheita da cana planta (0) e aos 56, 92, 126, 161, 210, 252, 316, 378 dias após o corte (DAC). Para avaliação de crescimento e distribuição das raízes foi usada a metodologia do

decalque, sendo confeccionados os mapas de raízes manualmente, utilizando-se lâminas de plástico transparente, presas ao vidro na parte interna do rizotron. O decalque foi tirado, copiando todas as raízes visíveis no vidro, usando-se em cada avaliação uma cor diferente de caneta para retroprojektor. Permitia-se assim, a visualização do crescimento radicial por intervalo de leitura, durante o ciclo da cana planta e da cana de primeira soca. Para facilitar as medições do comprimento das raízes, feitas com curvímeter em cada leitura a lâmina era colocada sobre uma cartolina (100 x 220 cm) com linhas horizontais e verticais, formando um quadriculado de 20 x 20 cm. Assim, avaliou-se o comprimento, por intervalo de leitura, por área e em extratos do perfil (20 cm), bem como a concentração de raízes por área.

Para determinação da massa seca das raízes foram feitas amostragens na colheita da cana planta (448 DAP), utilizando um cilindro volumétrico de aço, com 20 cm de altura, diâmetro interno de 4,5 cm e parede externa de 0,5 cm, com borda serrilhada e cortante numa das extremidades, perfazendo um volume de solo amostrado de 318 cm<sup>3</sup>. Após a retirada das placas de amianto (placas externas) foram coletadas amostras em cada “janela”, em nove profundidades, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 e 180 cm. Foi amostrado o lado direito, ao redor de 20 cm distante da linha central da touceira. As porções de solo e raiz das amostras, foram deixadas em 25 ml de hidróxido de sódio 1 N, diluído em um litro de água durante 12 horas para a dispersão de argila posteriormente, foram lavadas em água corrente em um jogo de peneiras com malhas de 0,50 e 0,25 mm. A separação das raízes da cana-de-açúcar de outros materiais minerais e orgânicos em água, foi realizada manualmente com pinças de ponta fina. As raízes foram acondicionadas em potes plásticos, contendo solução de etanol 50% e armazenados a 0 °C conforme Böhm (1979), até determinação dos parâmetros das raízes. Posteriormente, foram secas em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C, até peso constante. Para avaliação de suas massas secas foram pesadas em balança com sensibilidade de três casas decimais.

No caso da cana de primeira soca, as avaliações da massa seca das raízes foram realizadas na colheita da cana planta (0) e aos 56, 92, 126, 161, 210, 252, 316, e 378 dias após o corte (DAC). Evitando sobreposição de coleta em cada

avaliação, alternadamente, foi amostrado lado esquerdo ou direito, ao redor de 20 cm, distante da linha central da touceira, em nove profundidades, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 160 e 180 cm.

Paralelamente, na mesma época de avaliação de crescimento e distribuição das raízes, na cana planta e na cana de primeira soca foram feitas as avaliações para o desenvolvimento aéreo das plantas: características agronômicas, área foliar e massa seca. Foram feitas as contagens de todos os perfilhos de cada “janela”, na cana planta, aos 50, 91, 125, 155, 188, 218, 294, 354 e 448 dias após o plantio (DAP) e na cana de primeira soca, na colheita da cana planta (0) e aos 56, 92, 126, 161, 210, 252, 316, 378 dias após o corte. Foram considerados para contagem, somente quando o perfilho apresentava no mínimo duas folhas totalmente abertas (expandidas). Foi medida a altura de todas as plantas de cada “janela”, em cada avaliação prevista. A altura foi medida do nível do substrato até a última região auricular visível da folha +1, segundo o sistema Kuijper, descrito por Dillewijn, 1952.

Foram contados em cada avaliação, o número de folhas totalmente abertas (expandidas) com pelo menos 20 % de área verde da folha 0 até folha +7, conforme identificação foliar do “sistema Kuijper”. Para determinação da área foliar de cada planta (perfilho; colmo) foi utilizada a fórmula proposta por Hermann e Câmara (1999), expressa como:

$$AFc = C \times L \times 0,75 \times (N+2) \quad \text{onde,}$$

AFc = área foliar do colmo

C = comprimento da folha +3

L = maior largura da folha +3

0,75 = fator de forma

N = número de folhas totalmente abertas e com pelo menos 20% da área verde (folha 0 até folha +7)

2 = fator de correção

A área foliar total de cada “janela” foi obtida pela somatória das áreas foliares de todas as plantas (colmos).

Além de todas as características agronômicas anteriormente citadas, foram avaliadas as seguintes variáveis, na colheita da cana planta (448 DAP) e colheita da cana de primeira soca (378 DAC): número de colmos colhidos; número médio de

nós; diâmetro médio (cm); altura (m); massa e características tecnológicas dos colmos colhidos. Usando o refratômetro de campo, foram feitas a leitura do Brix da ponta (colmo da folha +5) e Brix da base (4<sup>o</sup> entrenós do nível do solo).

Os colmos foram colhidos com corte rente ao substrato, fazendo o desponete para colheita (fixado sempre num mesmo colarinho da folha +5). Foi separado e pesado a parte aérea: folhas + bainhas; colmos dos ponteiros (palmito) e colmos, que posteriormente, secos em estufa, com circulação de ar forçado, até peso constante e avaliada a massa seca. Em função de que os colmos após a pesagem, eram usados para determinação das características química-tecnológicas, foi determinado a massa seca desses colmos da seguinte maneira:

- pela massa verde do colmo bem como a umidade da cana, calculada na determinação das análises tecnológicas em laboratório;
- para determinar a Massa Seca do Colmo: produto da massa verde do colmo pela umidade da cana, dividido por 100.

$$MS \text{ colmo} = MV \text{ colmo} * \text{Umidade cana} / 100$$

Após a avaliação dos parâmetros necessários, os colmos foram enviados ao laboratório: cana planta - Usina de Alcool COCAMAR (São Tomé), cana de primeira soca – Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda (Maringá), para determinação das características química-tecnológicas, conforme a metodologia analítica da prensa hidráulica preconizada pela COPERSUCAR (1980): Pol da cana; Brix % cana; Fibra % cana e ATR (Açúcar Teórico Recuperável).



#### **4 CAPÍTULO I**

**DESENVOLVIMENTO RADICIAL E CAULINAR, DE TRÊS  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON,  
EM DOIS SUBSTRATOS. I – CANA PLANTA**

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Os principais dados climatológicos e balanço hídrico dos anos de 1999 e 2000, coletados na Estação Meteorológica do IAPAR/ INEMET em Paranaíba-PR, estão nos anexos 02, 03 e 04. Como pôde ser observado, o ciclo da cana planta, no ano agrícola 1999/2000 pode ser considerado atípico da região principalmente, em função do período de estiagem ocorrido de agosto a novembro de 1999; janeiro de 2000 e abril a maio de 2000, com déficit hídrico mensal variando de 2,1 a 57,7 mm.

Nos anexos 05 e 06 constam os dados do monitoramento da temperatura do solo, pelo termômetro digital GULterm 1001 com sonda intercambiável de termopar tipo K. Verificou-se no rizotron, temperaturas similares nas diversas camadas de profundidade monitoradas. Enquanto nas condições de campo, as temperaturas superficiais do solo a 20 cm, foram sempre superiores a do rizotron.

### **4.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS**

O período de desenvolvimento da cana planta foi de abril de 1999 a junho de 2000, totalizando 448 dias.

Nas Tabelas 04, 05 e 06, estão apresentadas as principais características agronômicas avaliadas nas variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842, em cana planta, em substratos argiloso e arenoso, em condições de rizotron.

#### **4.2.1 Perfilhamento**

À medida que as avaliações foram progredindo em relação à estação de crescimento, a densidade populacional de perfilhos foi aumentando até setembro/outubro de 1999 (155 a 188 DAP- dias após o plantio da cana-de-açúcar).

Verifica-se na Tabela 04 e na Figura 02-A, na variedade RB835486, nos dois tipos de substratos, o número máximo de perfilho por touceira aos 188 DAP (abril-outubro), com 28 perfilhos no substrato argiloso e 26 no arenoso. A partir dos 188 DAP houve redução no número de perfilhos, estabilizando-se por volta dos 354 DAP (abril-março), chegando ao final de junho/2000 (448 DAP) com 15 colmos no argiloso e 13 no arenoso. Do pico de perfilhamento até o período de colheita, a diminuição do número de colmos foi cerca de 50% no arenoso e de 46% no argiloso.

TABELA 04 - Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB835486, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 1999/2000.

Parâmetros	ÉPOCA								
	26/05/99	06/07/99	09/08/99	08/09/99	11/10/99	10/11/99	25/01/00	28/03/00	27/06/00
	DIAS APOS PLANTIO (DAP)								
	50	91	125	155	188	218	294	354	448
<b>ARGILOSO</b>									
Perfilhos (nº)	1	7	11	24	28	27	15	15	15
Altura média (cm)	5	6	11	14	30	47	174	264	328
Folhas totais (nº)	6	38	55	140	168	162	144	148	146
Folhas/perfilho (nº)	6,00	5,43	5,00	5,83	6,00	6,00	9,60	9,87	9,73
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	277,2	2720,4	6468,2	35719,9	47880,2	59616,7	74571,5	69514,1	67882,5
<b>ARENOSO</b>									
Perfilhos (nº)	1	6	16	22	26	17	14	13	13
Altura média (cm)	1	5	13	16	28	57	163	264	307
Folhas totais (nº)	6	24	63	133	156	119	123	121	110
Folhas/perfilho (nº)	6,00	4,00	3,94	6,05	6,00	7,00	8,79	9,31	8,46
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	249,6	1440,7	8503,6	26593,7	39790,7	47736,3	63819,5	56405,9	49470,5

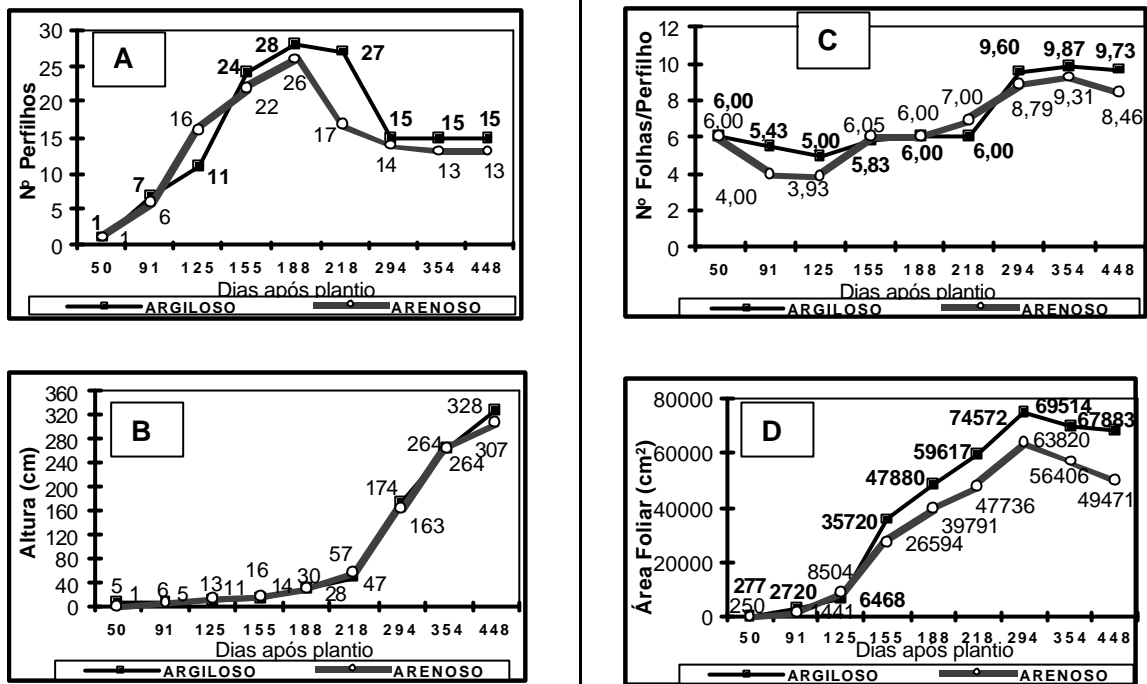


FIGURA 02 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB835486: número de perfílios (A); altura média (B); número de folhas/perfílio (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA – UFPR.

A variedade RB855536 na Tabela 05 e na Figura 03-A, também teve o mesmo desenvolvimento, com o máximo de perfílios em outubro/1999 (188 DAP) porém, com número maior de perfílios 35, no argiloso contra 34 no arenoso, comprovando a alta capacidade de perfilhamento desta variedade. Até março ocorreu diminuição e em junho de 2000 estabilizou-se com 15 colmos no argiloso e 13 no arenoso. A queda do número de colmos foi respectivamente, cerca de 62% para o arenoso e 57% no substrato argiloso.

TABELA 05 - Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB855536, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranaíba, SCA - UFPR, 1999/2000.

Parâmetros	ÉPOCA								
	26/05/99	06/07/99	09/08/99	08/09/99	11/10/99	10/11/99	25/01/00	28/03/00	27/06/00
	DIAS APÓS PLANTIO (DAP)								
	50	91	125	155	188	218	294	354	448
ARGILOSO									
Perfilhos (n <sup>o</sup> )	1	6	10	25	35	34	18	16	15
Altura média (cm)	7	8	13	14	22	29	135	208	286
Folhas totais (n <sup>o</sup> )	7	25	55	118	163	170	168	141	127
Folhas/perfilho (n <sup>o</sup> )	7,00	4,17	5,50	4,72	4,66	5,00	9,33	8,81	8,47
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	509	1939,6	6298,0	16014,8	32109,6	42500,0	75817,4	55250,5	41838,8
ARENOSO									
Perfilhos (n <sup>o</sup> )	1	7	9	22	34	29	18	13	13
Altura média (cm)	6	9	10	12	18	27	116	185	275
Folhas totais (n <sup>o</sup> )	5	37	46	103	166	174	148	120	115
Folhas/perfilho (n <sup>o</sup> )	5,00	5,29	5,11	4,68	4,88	6,00	8,22	9,23	8,85
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	220,5	3459,1	3645,5	12978,8	25945,1	41412,5	64129,4	43549,1	38120,1

Com a SP80-1842, Tabela 06 e na Figura 04-A, apresentou o menor número de perfilhos no pico ocorrido em setembro (155 DAP) no substrato argiloso, com 20 perfilhos e, 23 perfilhos no arenoso, estabilizando em junho com 11 e 13 colmos respectivamente. No número de colmos final ocorreu decréscimo em torno de 44% no substrato arenoso e 45% no argiloso.

Os valores observados nas condições de rizotron, de uma forma geral, são semelhantes aqueles encontrados por diversos pesquisadores nas condições de campo (Rocha, 1984; Tokeshi, 1986; Prado, 1988; Suguitani, 2001), que obtiveram o máximo populacional entre o quarto e o sexto mês após o plantio. Nota-se em rizotron, que o máximo de perfilhos em cana planta ocorreu nos meses de setembro a novembro e com queda brusca em janeiro, desde então decrescendo mais lentamente até a época da colheita. Por outro lado Machado et al. (1982); Leme et

al. (1982); Rosenfeld (1984) encontraram o pico populacional entre 3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> meses após o plantio e uma estabilização perto dos 9 meses de idade.

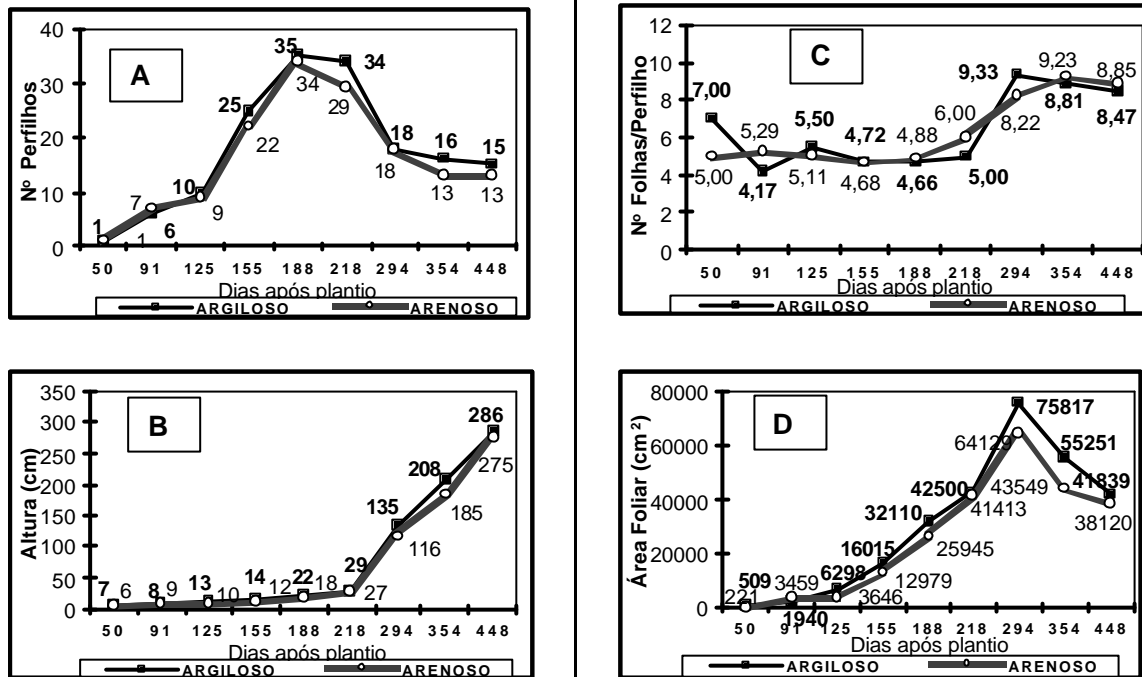


FIGURA 03 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB855536: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA – UFPR.

Observa-se que o número de perfilhos variou conforme a variedade, e a condição de crescimento. Segundo Casagrande (1991), o modo de perfilhamento varia de espécie para espécie e entre variedades, embora dentro das mesmas existam diferenças, em função de diversos fatores como a luminosidade, temperatura, nutrientes, umidade de solo, espaçamento, entre outros. O aumento no número de perfilhos depois do mês de julho/99 foi bem acentuado. Isto pode ser explicado pelo fato das condições ambientais terem sido mais favoráveis principalmente, os efeitos da radiação solar e da temperatura. Nos meses de agosto a outubro foram encontrados os valores mais altos, com destaque para o mês de outubro. Isto foi resultado da combinação entre temperatura alta, radiação solar e umidade. Depois deste pico, iniciou a redução no número de perfilhos por touceira,

até chegarem os meses do inverno. Neste período, a queda populacional foi menor, pois a população já estava se estabilizando, priorizando o acúmulo de sacarose.

TABELA 06 - Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade SP80-1842, na cana planta, no substrato argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 1999/2000.

Parâmetros	ÉPOCA								
	26/05/99	06/07/99	09/08/99	08/09/99	11/10/99	10/11/99	25/01/00	28/03/00	27/06/00
	DIAS APÓS PLANTIO (DAP)								
	50	91	125	155	188	218	294	354	448
ARGILOSO									
Perfilhos (n °)	2	6	12	20	19	14	11	12	11
Altura média (cm)	8	13	21	26	40	71	191	274	372
Folhas totais (n °)	7	37	66	103	114	103	113	112	80
Folhas/perfilho (n °)	3,50	6,17	5,50	5,15	6,00	7,36	10,27	9,33	7,27
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	528,3	4477,6	11131,7	18938,5	26676,9	36288,4	58688,0	54747,8	32628,2
ARENOSO									
Perfilhos (n °)	2	7	18	23	23	23	13	13	13
Altura média (cm)	6	13	17	27	43	61	173	302	380
Folhas totais (n °)	8	45	87	138	140	130	122	121	98
Folhas/perfilho (n °)	4,00	6,43	4,83	6,00	6,09	5,65	9,38	9,31	7,54
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	506,3	4496,3	12041,2	24453,3	34362,8	44790,8	65381,1	58673,6	45494,4

Semelhantes aos resultados de Rocha (1984) e Tokeshi (1986) em condições de campo, observa-se em rizotron, que no substrato arenoso ocorreram os menores índices de perfilhamento e menores números de colmos por ocasião da colheita, enquanto que os maiores índices foram encontrados no substrato argiloso nas variedades RB835486 e RB855536. Ao contrário foi verificado com a variedade SP80-1842, que apresentou no substrato arenoso os maiores índices de perfilhamento e o maior número de colmos na fase de colheita, comprovando em cana planta, a melhor adaptação desta variedade em substrato arenoso.

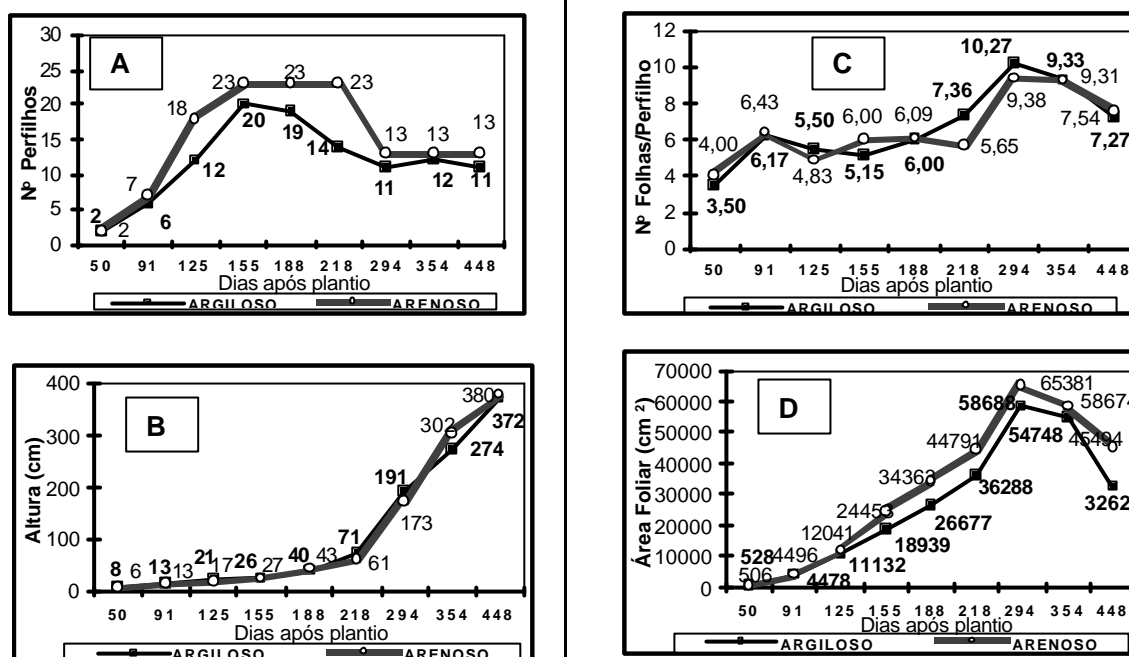


FIGURA 04 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade SP80-1842: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA – UFPR.

#### 4.2.2 Altura das plantas

Conforme a Tabela 04 e na Figura 02-B, a variedade RB835486 apresentou maior crescimento no substrato argiloso (328 cm) do que no arenoso (307 cm). Do período de abril a novembro/99 a cana planta cresceu no substrato argiloso 14% (47 cm) a 19% (57cm), e de dezembro a março/2000 com crescimento mais acentuado de 66% (217 cm) a 67% (207 cm), e o restante até a colheita de 20% (64 cm) a 14% (43 cm) respectivamente, no substrato argiloso e arenoso.

A variedade RB855536 (Tabela 05 e Figura 03-B), apresentou também maior crescimento da cana planta no substrato argiloso (286 contra 275 cm). Do período de abril a novembro/99 a cana cresceu em altura 10% do total, tanto no substrato argiloso (29 cm) como arenoso (27 cm), com crescimento mais acentuado, de dezembro a março/2000 no substrato argiloso (63%=179 cm), enquanto que no substrato arenoso foi de 57%=158 cm e até a fase final de colheita com um



crescimento de 27 a 33% respectivamente, substrato argiloso (78 cm) e arenoso (90 cm).

Na Tabela 05 e na Figura 4-B, a SP80-1842, ao contrário das variedades anteriores teve um crescimento maior no substrato arenoso (380 cm) em relação ao argiloso (372cm). Da altura total (448 DAP), no período de abril a novembro/99 houve crescimento no substrato argiloso de 71 cm e no arenoso de 61 cm, eqüivalendo à 19% e 16% respectivamente, de dezembro a março/2000 com máximo crescimento no substrato argiloso de 203 cm=55% e no substrato arenoso de 241 cm=64% e o restante do período, de abril a junho/2000 (colheita) acumular o crescimento de 26% e 21% respectivamente, no substrato argiloso (98 cm) e arenoso (78 cm).

Resultado semelhante foi encontrado por Miocque (1999), que relacionando o crescimento com o acúmulo de massa verde mensal de várias variedades em dez safras, nas condições de campo, observou que no período de novembro a fevereiro foi onde encontrou o crescimento mais acentuado com 62% do total, demonstrando que o máximo de crescimento da cana planta se manifestou nos meses de dezembro e janeiro. Resultados similares também foram encontrados por Machado et al. (1982) e Suguitani (2001).

#### **4.2.3 Folhas**

As três variedades usadas neste estudo RB835486; RB855536 e SP80-1842 (Tabelas 04, 05 e 06), expressaram desenvolvimento similar em relação ao número de folhas verdes totais na cana planta, nas condições de rizotron. Salienta-se que somente foi considerada a folha verde (com pelo menos 20% de área verde) e totalmente expandidas (abertas). Verifica-se crescimento gradativo no número de folhas verdes com o aumento do período vegetativo, com aumento máximo no número total de folhas (114 a 174) coincidindo com o ponto máximo de perfilhamento, por volta dos 155 a 188 DAP (setembro a outubro), após este período ocorreu estabilização, para na colheita (448 DAP) ocorrer leve diminuição no número total de folhas. Nas variedades RB835486 e RB855536, observa-se maior

quantidade de folhas no substrato argiloso do que no arenoso. Já a variedade SP80-1842 apresentou o inverso, com maior número no substrato arenoso.

Com relação ao número de folhas por perfilho (Figuras 2-C, 3-C e 4-C), as três variedades independentemente do tipo de substrato, apresentaram comportamento similares. Verificou-se leve estabilização no número de folhas no período de abril a novembro (0-218 DAP), variando conforme a variedade, de 5,00 a 7,36 folhas por perfilho. A partir de dezembro (após 218 DAP), com o crescimento dos perfilhos dominantes coincidiu com o aumento no número de folhas por perfilho (variação de 9,23 a 10,27 folhas/perfilho) e posteriormente, por ocasião da colheita (448 DAP), leve queda (de 7,25 a 9,73 folhas/perfilho), o que está de acordo com Castro (2002) e Machado (1981) onde citam, que cada entrenó produz uma nova folha aproximadamente cada dez dias e, uma folha mais velha senesce, deixando número constante de oito a nove folhas por colmo, após o fechamento do dossel. Por outro lado, Cock (2001) comenta: conforme o local, o número total de folhas funcionais expandidas por colmo, normalmente, varia entre 6 a 13, sendo que em cultura bem desenvolvida o número de folhas é regulado pelo sombreamento.

#### **4.2.4 Área foliar**

Nos resultados obtidos na Tabela 04, a variedade RB835486 nos dois tipos de substratos, a área foliar por touceira na cana planta, apresentou crescimento lento até aproximadamente 91 DAP (Figura 2-D). A segunda fase (correspondendo de 91 a 294 DAP), o crescimento foi rápido, atingindo seu máximo (63.819,5 a 74.571,5 cm<sup>2</sup>) em janeiro (cerca de 294 DAP). A partir dos 294 DAP, ocorreu declínio (49.470,5 a 67.882,5 cm<sup>2</sup>) até a colheita em junho (448 DAP). Resultados semelhantes foram observados por Machado et al. (1982), que com a variedade NA56-79 e CB41-14 obteve área foliar máxima, ao redor dos 300 DAP (janeiro), sendo também, similares aos períodos encontrados por Leme et al. (1984); Hermann (1997) e Teruel et al. (1997).

Na Tabela 05 observa-se, que a variedade RB855536 (Figura 3-D) apresentou comportamento semelhante à da RB835486. Nessas duas variedades

verificam-se que nos substratos argilosos (55.251 a 75.817 cm<sup>2</sup>) mostraram valores maiores de área foliar total por touceira comparado ao substrato arenoso (41.839 a 64.129 cm<sup>2</sup>) principalmente, a partir do período de acentuado crescimento das plantas (dezembro a março).

Analizando a Tabela 06 nota-se, que a variedade SP80-1842 (Figura 4-D), também teve o mesmo desempenho que as duas variedades anteriores, ou seja, a área foliar total por touceira aumentou até valor máximo (58.688,0 a 65.381,1 cm<sup>2</sup>) ocorrido em janeiro (294 DAP), decrescendo progressivamente até o momento da colheita (36.628 a 45.494 cm<sup>2</sup>).

Conforme comentado por Machado (1987) e verificado neste estudo em rizotron (Figuras 02, 03 e 04), a mortalidade dos colmos coincidem com o período em que a área foliar aumenta rapidamente, sugerindo que, além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação deste comportamento.

Identicamente, ao ocorrido com a altura média e número de folhas verdes, a variedade SP80-1842, comprovando a sua baixa exigência de solo, apresentou uma superfície foliar por touceira superior no substrato arenoso (65.381 cm<sup>2</sup>) do que no argiloso (58.688 cm<sup>2</sup>).

De forma geral, no presente estudo em condições de rizotron, o maior crescimento da parte área ficou compreendido entre os meses de dezembro a março, resultados semelhantes observados a campo por Miocque (1999); Penatti (1991), diferentemente dos resultados encontrados por Suguitani (2001), este autor encontrou o maior desenvolvimento da cana planta no período compreendido entre os meses de setembro a janeiro. Isto pode ser resultado da combinação de temperatura elevada e precipitações pluviais.

#### **4.3 FITOMASSA DA PARTE ÁREA**

Na Tabela 07 estão apresentadas as principais características agronômicas e tecnológicas avaliadas das variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842 em

substrato argiloso e arenoso, em condições de rizotron, por ocasião da colheita da cana planta realizada em 27/06/2000 (448 DAP).

#### 4.3.1 Características agronômicas

Os resultados médios das principais características: número de colmos, diâmetro, número de nós, altura dos colmos, número de folhas verdes, área foliar total estão na Tabela 07, onde se pode constatar, que nas variedades RB835486 e RB855536, os dados da parte área em substrato argiloso foram superiores ao arenoso. Ao contrário, a variedade SP80-1842 obteve crescimento vegetativo da parte área ligeiramente superior no substrato arenoso.

Verifica-se na Tabela 07, maior crescimento vegetativo da variedade RB 835486 em substrato argiloso, resultando numa diferença positiva superior de 6,84 % em altura média (328 e 307 cm); 14,89 % na fitomassa seca média por colmo (1,71 e 1,51 kg); 33,98 % na fitomassa seca total por touceira (18,61 e 13,89 kg), relativo ao substrato arenoso. Considerando espaçamento de 1,40 m, e extrapolando os dados obtidos por touceira (um metro linear), em produtividade por hectare, teremos a fitomassa verde total de 218,2 t ha<sup>-1</sup> no argiloso e 116,6 t ha<sup>-1</sup> no arenoso e fitomassa seca total de 132,9 t ha<sup>-1</sup> e 99,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com a variedade RB855536, ocorreu crescimento superior de 4,0 % em altura média (286 e 275 cm), 44,25 % na fitomassa verde média por colmo (1,63 e 1,13 kg) e 59,2 % na fitomassa seca total por touceira (17,34 e 10,89 kg), do substrato argiloso em relação ao arenoso. Por hectare temos: 198,6 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa verde total e 123,9 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca total no substrato argiloso, e no arenoso 127,4 t ha<sup>-1</sup> e 77,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com desenvolvimento diferenciado das duas variedades, a SP80-1842, teve crescimento superior de 2,15 % na altura média (380 e 3372 cm) e fitomassa verde média do colmo (1,76 e 1,70 kg) e 18,55 % na fitomassa seca total (15,91 e 13,42 kg), no substrato arenoso comparado ao argiloso. A produtividade estimada por hectare foi: 190,5 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa verde total e 113,6 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca no

substrato arenoso, contra 158,1 t ha<sup>-1</sup> e 95,9 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, no argiloso, caracterizando a melhor adaptação desta variedade em substrato arenoso.

TABELA 07 - Características agrônômicas e tecnológicas das variedades, na colheita da cana planta (27/06/2000 - 448 dias), em substrato argiloso e arenoso, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Parâmetros	ARGILOSO			ARENOSO		
	RB	RB	SP	RB	RB	SP
	835486	855536	80-1842	835486	855536	80-1842
Número Colmos	15	15	11	13	13	13
Diâmetro médio colmo (cm)	2,7	2,5	2,6	2,6	2,4	2,7
Número médio nós colmo	27	22	25	25	22	25
Altura média colmo (cm)	328	286	372	307	275	380
Folhas médias colmo	10	8	7	8	9	8
Área Foliar total touceira (cm <sup>2</sup> )	67.883	41.839	32.628	49.471	38.120	45.494
Massa Verde média colmo (kg)	1,71	1,63	1,70	1,51	1,13	1,76
Massa Verde total touceira (kg)	30,55	27,80	22,14	23,32	17,84	26,67
Massa Seca total touceira (kg)	18,61	17,34	13,42	13,89	10,89	15,91
BRIX Refratométrico campo (ponta)	21,57	17,11	20,71	22,37	16,37	21,38
BRIX Refratométrico campo (pé)	23,88	22,67	22,75	23,46	23,15	23,26
Pol da cana (1/2 ponta)	17,38	14,49	15,94	17,61	14,75	16,42
ATR - kg/ t cana - (1/2 ponta)	162,06	138,90	149,97	164,74	141,70	154,16
TCH (Tonelada cana por hectare)	183,19	174,62	133,56	140,2	104,92	163,41
TPH (Tonelada pol por hectare)	31,84	25,3	21,29	24,69	15,48	26,83

Dentre os diversos dados avaliados, a influência do substrato (solo) na produtividade da cana-de-açúcar é bastante clara. É possível que as diferenças obtidas sejam devida ao contraste entre os substratos argiloso e arenoso, já que ambos encontram-se na mesma condição climática e com o mesmo elenco varietal.

Estes diferentes resultados verificados em cana planta comprovam, que as variedades podem expressar desempenhos diferenciados em função da interação das características genéticas associadas com as do solo (substrato), dando respostas diferenciadas de produtividade, onde os fatores principais, que influenciaram a produtividade final foram o número final e altura dos colmos industrializáveis. Apresentando maior produtividade com maior número de colmos no substrato argiloso, as variedades RB835486 (15 colmos contra 13) e RB855536 (15 colmos contra 13), enquanto a variedade SP80-1842 mostrou melhor desempenho no solo arenoso, com 13 colmos contra 11 no substrato argiloso. Essa amplitude de

variação de produtividade dos cultivares, também foi constatada em condições de campo, por Dias (1997), Dias et al. (1999), Maule et al. (2001) e Suguitani (2001). Estes autores relatam, que em ambiente (solo e clima) mais favorável ao desenvolvimento vegetal o potencial genético de cada variedade é mais evidenciado. Como no presente caso, a variedade SP80-1842 demonstrou em cana planta, a melhor adaptação em substrato arenoso. Dias (1997) atribuiu a vantagem produtiva do solo com maior potencial de produtividade, em relação aos demais, à associação das características físicas, que permitiram um bom armazenamento de água e às boas condições químicas. Dias et al. (1999) consideram, que foi provavelmente, em função de maior desenvolvimento radicial no perfil, aproveitando não somente os maiores teores absolutos em nutrientes, como também a água armazenada na camada B. Maule et al. (2001), consideram os fatores que contribuíram para a maior produção vegetal, o solo de maior potencial, como resultado da associação das condições químicas com às condições físicas do solo, apresentando melhor desenvolvimento radicial, o que possibilitou melhor aproveitamento na absorção de nutrientes e água. Suguitani (2001) considera, que o maior desenvolvimento no solo argiloso seja resultado da melhor condição química em relação ao solo arenoso.

#### **4.3.2 Características tecnológicas**

Os dados médios das principais características tecnológicas: Brix refratométrico de campo; Pol da cana; Fibra % cana calculada e ATR estão na Tabela 07. Observa-se, que a variedade RB835486 apresentou maior valor de pol da cana (acima de 17%), independentemente do tipo de substrato, confirmando assim a “riqueza” em açúcar dessa variedade. Apresentando uma produção no substrato argiloso de 183,2 TCH (tonelada de cana por hectare) e 31,8 TPH (tonelada de pol hectare) e no arenoso 140,2 TCH e 24,69 TPH. Considerando-se os dados de leitura de Brix, obtido pelo refratômetro de campo e pela determinação do índice de maturação médio dos colmos da touceira, obtido pela relação entre Brix da ponta e Brix da base, temos para o argiloso 0,90 e 0,95 de índice de maturação para

o arenoso. Analisando estes dados temos, que para o substrato argiloso o índice 0,90 é indicativo para a plena fase de maturação, com possibilidade de aumento no teor de sacarose. O índice de 0,95 no arenoso indica que está no auge da maturação.

Ao contrário, as variedades RB855536 e SP80-1842, por ocasião da colheita da cana planta (junho/2000), apresentaram de maneira geral, maior teor de pol da cana e ATR, no substrato arenoso. A variedade RB855536 apresentou produção de 174,6 TCH e 25,3 TPH no substrato argiloso; sendo no substrato arenoso 104,9 TCH e 15,48 TPH. A SP80-1842, no substrato argiloso com 133,6 TCH e 21, 29 TPH e no arenoso, apresentando produção de 163,41 TCH e 26,83 TPH. Analisando os índices de maturação, temos na variedade RB855536, índice de 0,75 para argiloso e 0,71 no arenoso, indicando que a cana ainda não está bem madura, com possibilidade de aumento sensível na maturação nos dois tipos de substrato, confirmando a característica de média maturação desta variedade. A SP80-1842, com índice de maturação respectivo de 0,91 e 0,92, indicando estar com a fase de maturação completa, com um leve índice maior no substrato arenoso.

Estes diferentes resultados comprovam, que as variedades podem expressar desempenhos variados em função da interação das características genéticas, associada com as do solo (substrato), dando resposta diferenciada com variação no teor de sacarose. Cesar et al. (1987) citam, que a cana-de-açúcar, para obter acúmulo de sacarose, necessita sofrer estresse (diminuição dos fatores de produtividade). Bassinello et al. (1980) comentam, que as principais características a serem consideradas com relação ao solo são as que dizem respeito às propriedades físicas e químicas.

## 4.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICAL

### 4.4.1 Comprimento de raízes pelo método do decalque

Nas Tabelas 08, 09 e 10 estão apresentados os resultados das avaliações de comprimento total, profundidade das raízes e a porcentagem de distribuição em extratos de 0,20 m, em diferentes períodos do desenvolvimento da cana planta, em condições de rizotron.

Os dados mostram o comportamento diferenciado entre as três variedades estudadas, associadas ao tipo de solo/substrato. Verifica-se a diminuição do comprimento das raízes com o aumento da profundidade do solo. A literatura de um modo geral demonstra, que em condições de campo, as raízes se concentram mais nas camadas superficiais, variando apenas quanto às proporções. Nas condições de rizotron, apesar de existir esta tendência de concentração das raízes mais na superfície, observa-se o desenvolvimento do sistema radicial em todo o perfil do solo/substrato, com maior uniformidade na distribuição das raízes em camadas mais profundas, em função das condições físicas e químicas de todo o perfil serem homogêneas uma vez, que os substratos foram corrigidos, homogeneizados com fertilizantes e colocados uniformemente no rizotron.

Conforme Tabela 08 (Figura 05), considerando a soma total das oito leituras realizadas, através da metodologia do decalque, mostra que a variedade RB835486 apresentou no substrato arenoso o total de 8.868 cm contra 8.752 cm de comprimento de raízes no substrato argiloso. Uma diferença levemente superior de 1,33 % no arenoso, caracterizando a capacidade de adaptação do sistema radicial desta variedade, em substrato argiloso como arenoso. Nota-se, que independentemente do tipo de substrato, o aumento expressivo na distribuição de raízes tanto em quantidade como em profundidade aos 125 DAP. Enquanto ocorreu aumento de 4,67 vezes no comprimento total de raízes no substrato arenoso (1.709 cm) no mesmo período, no argiloso, somente aumentou em 1,92 vezes (1.597 cm). Observa-se na Tabela 03, que esta data coincide com o início do aumento no número de perfilhos. Após, mostrou a tendência de diminuição na distribuição total



TABELA 08 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB835486, em cana planta, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Profun- didade (cm)	EPOCAS (dias)																		Dados Totais.....			
	.....50.....		.....91.....		.....125.....		.....155.....		.....188.....		.....218.....		.....354.....		.....448.....							
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	TOTAL	%	Média	%		
ARENOSO																						
0-20	147	64%	86	23%	231	14%	329	28%	187	27%	206	28%	433	24%	318	15%	1937	22%	242,1	22%		
20-40	61	27%	197	54%	279	16%	325	28%	161	23%	170	23%	348	19%	371	17%	1912	22%	239,0	22%		
40-60	22	10%	58	16%	108	6%	75	6%	63	9%	65	9%	218	12%	216	10%	825	9%	103,1	9%		
60-80	0	0%	23	6%	122	7%	85	7%	22	3%	51	7%	153	8%	197	9%	653	7%	81,6	7%		
80-100	0	0%	2	1%	138	8%	77	7%	25	4%	54	7%	149	8%	245	12%	690	8%	86,3	8%		
100-120	0	0%	0	0%	183	11%	82	7%	37	5%	35	5%	99	5%	223	11%	659	7%	82,4	7%		
120-140	0	0%	0	0%	137	8%	63	5%	65	9%	41	6%	151	8%	205	10%	662	7%	82,8	7%		
140-160	0	0%	0	0%	167	10%	73	6%	17	2%	39	5%	92	5%	164	8%	552	6%	69,0	6%		
160-180	0	0%	0	0%	183	11%	54	5%	53	8%	28	4%	87	5%	112	5%	517	6%	64,6	6%		
180-200	0	0%	0	0%	161	9%	14	1%	71	10%	48	7%	97	5%	70	3%	461	5%	57,6	5%		
SOMA	230	100%	366	100%	1709	100%	1177	100%	701	100%	737	100%	1827	100%	2121	100%	8868	100%	1109	100%		
Nº Perfilhos	1		6		18		22		26		17		13		13							
Área Foliar	250		1441		8504		26594		24330		35605		56406		49471							
ARGILOSO																						
0-20	111	96%	125	15%	214	13%	208	23%	376	38%	124	12%	320	18%	295	20%	1773	20%	221,6	20%		
20-40	5	4%	196	24%	225	14%	283	32%	386	39%	222	21%	398	23%	268	18%	1983	23%	247,9	23%		
40-60	0	0%	164	20%	113	7%	75	8%	29	3%	82	8%	149	8%	167	11%	779	9%	97,4	9%		
60-80	0	0%	82	10%	120	8%	48	5%	27	3%	115	11%	169	10%	191	13%	752	9%	94,0	9%		
80-100	0	0%	93	11%	148	9%	35	4%	15	2%	118	11%	186	11%	123	8%	718	8%	89,8	8%		
100-120	0	0%	71	9%	164	10%	53	6%	46	5%	143	14%	133	8%	155	10%	765	9%	95,6	9%		
120-140	0	0%	46	6%	181	11%	85	9%	49	5%	128	12%	128	7%	112	7%	729	8%	91,1	8%		
140-160	0	0%	32	4%	166	10%	52	6%	34	3%	59	6%	87	5%	89	6%	519	6%	64,9	6%		
160-180	0	0%	22	3%	158	10%	23	3%	19	2%	25	2%	112	6%	65	4%	424	5%	53,0	5%		
180-200	0	0%	0	0%	108	7%	34	4%	0	0%	42	4%	81	5%	45	3%	310	4%	38,8	4%		
SOMA	116	100%	831	100%	1597	100%	896	100%	981	100%	1058	100%	1763	100%	1510	100%	8752	100%	1094	100%		
Nº Perfilhos	1		7		11		24		28		27		15		15							
Área Foliar	277		2720,4		6468,2		35720		23235,2		51561,7		69514		67883							

de raízes até 188 DAP, época de máximo perfilhamento da parte aérea, para em seguida, novamente, ocorrer aumento gradativo no comprimento total de raízes por volta de 354 DAP, fase de estabilização no número final de colmos industrializáveis. Segundo Machado et al. (1982), entre 200 e 400 DAP (outubro-maio) ocorre uma fase de rápido crescimento da parte aérea, onde encontrou o acúmulo de massa seca de 75%. Verifica-se aumento de 1,67 vezes no comprimento total de raízes aos 354 DAP (1.763 cm) e posterior decréscimo no substrato argiloso (1510 cm), sendo que no arenoso, ocorreu aumento gradativo até a ocasião da colheita (448 DAP).

Analisando os dados das Tabelas 04 e 08 sugere, que no substrato argiloso aos 354 DAP a RB835486 direciona a utilização dos fotoassimilados para a formação de raízes ao longo do perfil do substrato, tanto em quantidade como em profundidade, com aumento maior na superfície, com 41 % das raízes aos 40 cm de profundidade. No arenoso com menor produtividade da parte aérea, ao contrário, há crescimento continuado até a colheita, onde a planta direciona a utilização dos fotossintetizados para a formação de raízes continuamente, até os 448 DAP, com aumento ao longo do perfil do substrato principalmente, em profundidade, na faixa de 60 a 140 cm (42 %).

Vasconcelos (2002) comenta, que o desenvolvimento do sistema radicial é típico para cada variedade tanto em quantidade como em arquitetura e distribuição no perfil do solo. Variedade com boa estabilidade de produção e com ampla adaptação a diferentes ambientes como a RB835486, tem distribuição mais uniforme em profundidade que outras com sistema mais superficial como a RB855536. O mesmo autor sugere ainda, que a maior massa radicial pode significar perda de produtividade, pois, parte das reservas, que poderia ser utilizada para a produção de colmos e folhas, é drenada para o aumento e manutenção do sistema radicial.

Na Tabela 09 (Figura 06), a variedade RB855536 mostra o total do comprimento de raiz no substrato arenoso de 9.787 cm e de 8.167 cm no argiloso, com valor 19,8% do comprimento total de raízes superior no substrato arenoso em relação ao argiloso. Semelhantemente à variedade RB835486, a RB855536 também iniciou com aumento gradativo no comprimento total de raízes até 125 DAP, período de início de aumento de perfilhos, depois disso, houve diminuição na distribuição total de raízes até a fase de máximo perfilhamento da parte aérea (188 DAP), para

em seguida ocorrer novamente aumento gradativo no comprimento total de raízes até cerca de 354 DAP, época de estabilização no número final de colmos industrializáveis. No substrato arenoso ocorreu após este período, leve aumento de 3,9%, enquanto no argiloso ocorreu queda de 18%.

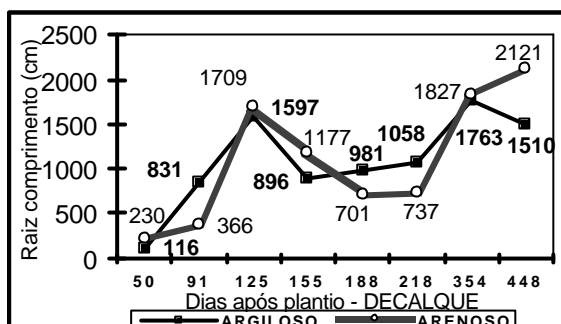


FIGURA 05 - Comprimento radicial da variedade RB835486, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.

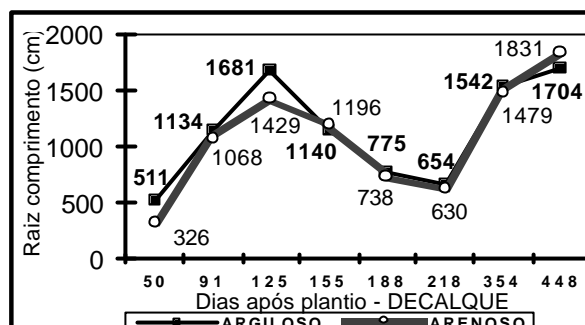


FIGURA 07 - Comprimento radicial da variedade SP80-1842, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.

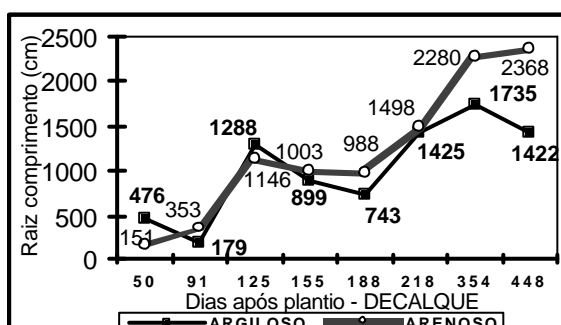


FIGURA 06 - Comprimento radicial da variedade RB855536, método do decalque, em rizotron, em cana planta, 1999/00, SCA-UFPR.

Analisando os resultados das Tabelas 05 e 09 verifica-se, que na fase final (354 a 448 DAP), o sistema radicial da variedade RB855536 no substrato argiloso aumentou até 354 DAP, para diminuir acentuadamente aos 448 DAP, com concentração maior de raízes (67%) nas camadas mais superficiais (100 cm). No arenoso, observa-se a mesma tendência com quantidade maior de raízes, tanto em quantidade (62 %) como em distribuição percentual em profundidade, nos 100 cm

superficiais. Resultados semelhantes foi verificado em condições de campo por Vasconcelos et al., (1999). No substrato arenoso o comprimento total de raiz (9.787 cm) foi de 1,2 vezes maior do que no argiloso (8.167 cm), porém conforme os dados de colheita (Tabela 07) a fitomassa seca aérea total no argiloso (17,34 kg) foi 59,2 % superior a do arenoso (10,89 kg), o que pode ser justificado conforme Casagrande (1991), pelo fato de uma variedade ser portadora de um grande volume de raízes não quer dizer, que a mesma seja considerada de alta produção agrícola e industrial, uma vez que isto depende da somatória de outras características desejáveis. Para Matsuoka (1996), que comenta, quanto mais a planta gastar energia para a formação e manutenção do sistema radicial, menos ela terá para a formação da biomassa aérea. Bem como por Vasconcelos (2002) que considera, que a maior massa radicial pode significar perda de produtividade, pois parte das reservas, que poderia ser utilizada para a produção de colmos e folhas, é drenada para o aumento e manutenção do sistema radicial.

Na Tabela 10 (Figura 07), temos a variedade SP80-1842, que também na fase inicial até 125 DAP (período de aumento no número de perfilhos) apresentou aumento gradativo no comprimento total de raízes. Do período de 125 a 218 DAP (fase de intenso perfilhamento), e após 218 DAP (fase de início de estabilização no número final de colmos) ocorreu diminuição na quantidade de raízes, para novamente aumentar progressivamente, até o momento da colheita (488 DAP). Ao contrário das duas variedades anteriores, a SP80-1842 apresentou maior comprimento total de raízes no substrato argiloso, 9.141 cm contra 8.697 cm no arenoso, com valores de 5,1 % superior no substrato argiloso em relação ao arenoso, entretanto esta superioridade no sistema radicial não resultou em aumento de produtividade da parte aérea, ao contrário, conforme Tabela 9, a fitomassa seca total aérea no arenoso (15,91 kg) foi 18,55 % maior do que no argiloso (13,42 kg).

Analisando os dados das Tabelas 06 e 10 sugerem, que a variedade SP80-1842 na fase final do desenvolvimento da cana planta (354 a 448 DAP), apresentou tanto no substrato arenoso como no argiloso a mesma tendência na distribuição do sistema radicial, com aumento progressivo na quantidade de raízes até a colheita (448 DAP), no arenoso (1.831 cm) com quantidade 7,5% maior de raízes totais do

TABELA 09 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB855536, em cana planta, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Profun- didade (cm)	ÉPOCAS (dias)																		.....Dados Totais.....			
	.....50.....		.....91.....		.....125.....		.....155.....		.....188.....		.....218.....		.....354.....		.....448.....							
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	TOTAL	%	Média	%		
ARENOSO																						
0-20	97	64%	91	26%	150	13%	230	23%	231	23%	366	24%	385	17%	251	11%	1801	18%	225,1	18%		
20-40	54	36%	203	58%	233	20%	534	53%	263	27%	129	9%	325	14%	363	15%	2104	21%	263,0	21%		
40-60	0	0%	59	17%	30	3%	8	1%	165	17%	136	9%	265	12%	376	16%	1039	11%	129,9	11%		
60-80	0	0%	0	0%	49	4%	7	1%	30	3%	158	11%	326	14%	264	11%	834	9%	104,3	9%		
80-100	0	0%	0	0%	127	11%	10	1%	2	0%	123	8%	205	9%	213	9%	680	7%	85,0	7%		
100-120	0	0%	0	0%	119	10%	47	5%	49	5%	93	6%	168	7%	167	7%	643	7%	80,4	7%		
120-140	0	0%	0	0%	167	15%	89	9%	24	2%	86	6%	162	7%	189	8%	717	7%	89,6	7%		
140-160	0	0%	0	0%	96	8%	70	7%	56	6%	38	3%	121	5%	175	7%	556	6%	69,5	6%		
160-180	0	0%	0	0%	96	8%	8	1%	72	7%	132	9%	169	7%	197	8%	674	7%	84,3	7%		
180-200	0	0%	0	0%	79	7%	0	0%	96	10%	237	16%	154	7%	173	7%	739	8%	92,4	8%		
SOMA	151	100%	353	100%	1146	100%	1003	100%	988	100%	1498	100%	2280	100%	2368	100%	9787	100%	1223	100%		
Nº Perfilhos	1		7		9		22		34		29		13		13							
Área Foliar	221		3459		3646		12979		25945		27404		43549		38120							
ARGILOSO																						
0-20	371	78%	126	70%	226	18%	295	33%	353	48%	169	12%	359	21%	318	22%	2217	27%	277,1	27%		
20-40	105	22%	45	25%	115	9%	115	13%	255	34%	154	11%	298	17%	249	18%	1336	16%	167,0	16%		
40-60	0	0%	8	4%	128	10%	26	3%	38	5%	178	12%	256	15%	147	10%	781	10%	97,6	10%		
60-80	0	0%	0	0%	145	11%	26	3%	34	5%	154	11%	213	12%	108	8%	680	8%	85,0	8%		
80-100	0	0%	0	0%	63	5%	7	1%	15	2%	171	12%	214	12%	128	9%	598	7%	74,8	7%		
100-120	0	0%	0	0%	81	6%	54	6%	16	2%	102	7%	115	7%	108	8%	476	6%	59,5	6%		
120-140	0	0%	0	0%	157	12%	116	13%	16	2%	120	8%	89	5%	149	10%	647	8%	80,9	8%		
140-160	0	0%	0	0%	185	14%	71	8%	16	2%	116	8%	76	4%	84	6%	548	7%	68,5	7%		
160-180	0	0%	0	0%	118	9%	94	10%	0	0%	137	10%	85	5%	79	6%	513	6%	64,1	6%		
180-200	0	0%	0	0%	70	5%	95	11%	0	0%	124	9%	30	2%	52	4%	371	5%	46,4	5%		
SOMA	476	100%	179	100%	1288	100%	899	100%	743	100%	1425	100%	1735	100%	1422	100%	8167	100%	1021	100%		
Nº Perfilhos	1		6		10		25		35		34		16		15							
Área Foliar	509		1940		6298		16015		32110		26351		55251		41839							

que no substrato argiloso (1.704 cm), com distribuição das raízes, 67 a 74% na faixa superficial (20-140 cm). Abayomi (1989), estudando os efeitos do tipo de solo e ciclo de cultivo, sobre o desenvolvimento e distribuição das raízes a profundidade de 120 cm, observou que o desenvolvimento e o crescimento vertical das raízes foi influenciado pelas condições físicas do solo, sendo que em solo leve o enraizamento foi mais denso e mais profundo, enquanto em solos pesados promoveram enraizamento menos denso e mais superficial. Smith et al. (1999) verificaram, que o crescimento da raiz em condições fisicamente limitado (poda de raiz ou desfolhamento) reduziu significativamente os pesos totais das plantas, mas não influenciando a partição da fitomassa entre raízes e a parte aérea.

Estas descobertas sugerem, que o crescimento da parte aérea esta diretamente relacionado à capacidade funcional do sistema radicial, sugerindo também, que sempre ocorrerá restabelecimento do equilíbrio entre o sistema radicial e caulinar. Assim, um solo que apresenta menor velocidade de drenagem pode propiciar à cultura da cana-de-açúcar melhor aproveitamento da água, assim como aumentar a eficiência de aproveitamento de alguns nutrientes principalmente, nitrogênio e potássio, altamente lixiviáveis através da drenagem. O que deve explicar a obtenção das produtividades, é que através de um abundante desenvolvimento do sistema radicial, diferenciado em função das variedades, ocorreu grande aproveitamento da água e dos nutrientes em todo o perfil do solo (Vitti et al., 2002), ou por Maule et al. (2001), que conforme o resultado da associação das condições químicas e condições físicas, consideram que a cana-de-açúcar provavelmente, apresentam melhor aproveitamento na absorção de nutrientes e água, fatos que contribuem para a maior produção vegetal.

Considerando a média geral de todas as oito avaliações (Tabelas 08, 09 e 10), percebe-se, independentemente da variedade e do tipo de substrato, a melhor distribuição percentual de raízes, nas camadas superficiais. Esta maior concentração de raízes nas camadas superficiais é confirmada em toda literatura de estudo em condições de campo, variando apenas quanto às proporções (Inforzato e Alvarez, 1957; Sampaio et al., 1987; Korndörfer et al., 1989; Ball-Coelho et al., 1992; Vasconcelos et al., 1999; Alvarez et al., 2000).

TABELA 10 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade SP80-1842, em cana planta, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, em extratos de 20 cm de profundidade, 8 épocas de leitura, dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Profun- didade (cm)	ÉPOCAS (dias)																		Dados Totais.....			
	.....50.....		.....91.....		.....125.....		.....155.....		.....188.....		.....218.....		.....354.....		.....448.....							
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	TOTAL	%	Média	%		
ARENOSO																						
0-20	179	55%	116	11%	123	9%	467	39%	354	48%	106	17%	334	23%	165	9%	1844	21%	230,5	21%		
20-40	102	31%	154	14%	319	22%	199	17%	220	30%	78	12%	267	18%	238	13%	1577	18%	197,1	18%		
40-60	10	3%	195	18%	122	9%	44	4%	58	8%	47	7%	189	13%	215	12%	880	10%	110,0	10%		
60-80	20	6%	117	11%	154	11%	49	4%	17	2%	32	5%	124	8%	245	13%	758	9%	94,8	9%		
80-100	15	5%	143	13%	173	12%	85	7%	7	1%	14	2%	73	5%	178	10%	688	8%	86,0	8%		
100-120	0	0%	158	15%	143	10%	61	5%	29	4%	54	9%	108	7%	203	11%	756	9%	94,5	9%		
120-140	0	0%	79	7%	103	7%	83	7%	15	2%	116	18%	117	8%	152	8%	665	8%	83,1	8%		
140-160	0	0%	84	8%	104	7%	141	12%	38	5%	79	13%	90	6%	175	10%	711	8%	88,9	8%		
160-180	0	0%	22	2%	89	6%	32	3%	0	0%	54	9%	97	7%	125	7%	419	5%	52,4	5%		
180-200	0	0%	0	0%	99	7%	35	3%	0	0%	50	8%	80	5%	135	7%	399	5%	49,9	5%		
SOMA	326	100%	1068	100%	1429	100%	1196	100%	738	100%	630	100%	1479	100%	1831	100%	8697	100%	1087	100%		
Nº Perfilhos	2		7		18		23		23		23		13		13							
Área Foliar	506		4496		12041		24453		30811		44791		58674		45494							
ARGILOSO																						
0-20	281	55%	174	15%	176	10%	313	27%	502	65%	125	19%	299	19%	136	8%	2006	22%	250,8	22%		
20-40	155	30%	245	22%	204	12%	162	14%	192	25%	85	13%	299	19%	280	16%	1622	18%	202,8	18%		
40-60	36	7%	84	7%	176	10%	86	8%	26	3%	45	7%	228	15%	204	12%	885	10%	110,6	10%		
60-80	29	6%	221	19%	101	6%	127	11%	6	1%	65	10%	84	5%	184	11%	817	9%	102,1	9%		
80-100	10	2%	167	15%	153	9%	67	6%	14	2%	76	12%	90	6%	175	10%	752	8%	94,0	8%		
100-120	0	0%	135	12%	193	11%	46	4%	3	0%	61	9%	131	8%	216	13%	785	9%	98,1	9%		
120-140	0	0%	72	6%	207	12%	68	6%	10	1%	100	15%	106	7%	205	12%	768	8%	96,0	8%		
140-160	0	0%	36	3%	184	11%	102	9%	22	3%	36	6%	114	7%	173	10%	667	7%	83,4	7%		
160-180	0	0%	0	0%	162	10%	114	10%	0	0%	29	4%	118	8%	96	6%	519	6%	64,9	6%		
180-200	0	0%	0	0%	125	7%	55	5%	0	0%	32	5%	73	5%	35	2%	320	4%	40,0	4%		
SOMA	511	100%	1134	100%	1681	100%	1140	100%	775	100%	654	100%	1542	100%	1704	100%	9141	100%	1143	100%		
Nº Perfilhos	2		6		12		20		19		14		12		11							
Área Foliar	528		4478		11132		18939		21704		31243		54748		32628							

Em condições de rizotron, apesar de existir tendência de concentração das raízes nas camadas superficiais, verifica-se desenvolvimento radicial em todo perfil dos substratos, com uniformidade na distribuição das raízes nas camadas mais profundas, em função das condições físicas e químicas de todo o perfil serem homogêneas uma vez que, os substratos foram corrigidos, homogeneizados com fertilizantes e colocados uniformemente no rizotron.

A variedade RB835486 apresentou na média total de raízes, distribuição percentual do sistema radicial em torno de 53% na camada de 0-60 cm, tanto no argiloso como no arenoso. O restante dos 47%, foi uniformemente distribuída nas diversas camadas do perfil (60-200 cm). A RB855536 com a mesma tendência, mostrou que cerca de 50% (argiloso) e 53% (arenoso) das raízes estão distribuídas nos primeiros 60 cm. O restante das raízes na média geral foi repartida uniformemente nas diversas camadas até 200 cm. A SP80-1842, apresentou na camada de 0-60 cm, da média total de raízes, distribuição de 49% e 50% respectivamente, substrato argiloso e arenoso. Nas demais camadas do perfil, 60 a 200 cm, distribuição semelhante na quantidade de raízes. Koffler (1986) justifica que um dos fatores que têm limitado o aumento de produtividade das culturas é o pequeno volume de solo explorado pelo sistema radicial. Acrescentando, que em solos de baixa fertilidade, constata-se que o sistema radicial da cana-de-açúcar explora efetivamente cerca de 60 cm de solo, embora existam resultados experimentais mostrando que a cana é capaz de explorar profundidades de 120 a 200 cm quando não houver a presença de barreira física e química ao crescimento de raízes.

#### **4.4.2 Fitomassa seca radicial**

Os resultados da fitomassa seca radicial das variedades de cana-de-açúcar em substrato argiloso e arenoso, por ocasião da colheita da cana planta estão apresentados na Tabela 11. Verifica-se, que a fitomassa seca radicial total na variedade RB835486, no substrato argiloso apresentou valores superiores (4,59 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de solo) em 12,2% em relação ao substrato arenoso (4,09 g por



0,002862 m<sup>3</sup> de solo). A variedade RB855536 ao contrário, mostrou dados de quantidade de fitomassa seca total de raízes, duas vezes maior no substrato arenoso (5,44 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de solo) comparado ao argiloso (2,69 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de solo). Na variedade SP80-1842 apontou dados superiores no substrato argiloso (4,36 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de solo) de 28,6% em relação ao arenoso (3,39 g).

TABELA 11 - Massa seca radicial, três variedades de cana -de-açúcar, determinada por amostragens, em extratos de 20 cm, pelo método do cilindro volumétrico, em substrato argiloso e arenoso, na colheita da cana planta (27/06/00 - 448 DAP), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Profundidade (cm)	MASSA SECA RADICIAL (a 0,000318 m <sup>3</sup> )					
	ARGILOSO			ARENOSO		
	RB835486	RB855536	SP80-1842	RB835486	RB855536	SP80-1842
0 - 20	0,46	0,50	0,93	0,92	0,77	0,76
20 - 40	0,87	0,49	0,80	0,53	0,42	0,42
40 - 60	0,63	0,17	0,67	0,33	0,59	0,36
60 - 80	0,36	0,67	0,45	0,66	0,49	0,25
80 - 100	0,60	0,11	0,71	0,27	0,62	0,35
100 - 120	0,52	0,15	0,14	0,38	0,68	0,27
120 - 140	0,22	0,24	0,33	0,27	0,37	0,58
140 - 160	0,45	0,07	0,21	0,41	0,99	0,23
160 - 180	0,48	0,28	0,12	0,32	0,52	0,19
SOMA (g 0,002862 m <sup>3</sup> )	4,59	2,69	4,36	4,09	5,44	3,39
MÉDIA (a 0,000318 m <sup>3</sup> )	0,51	0,30	0,48	0,45	0,60	0,38

## 4.5 RELAÇÕES ENTRE RAÍZES E PARTE AÉREA

Na Tabela 12, são vistos os resultados da fitomassa seca, determinada na parte aérea (obtida pela pesagem da fitomassa verde total aérea colhida e teor de umidade obtida em laboratório), fitomassa seca calculada das raízes (calculada através das amostras obtidas pelo método do cilindro volumétrico de 0,000318 m<sup>3</sup> de solo), por janela (compartimento) do rizotron (0,25 x 1,00 x 1,80 m), por ocasião da colheita da cana planta (27/06/2000).

Observa-se, que as variedades RB835486 e RB855536 apresentam maior produtividade da fitomassa seca aérea no substrato argiloso, enquanto que a SP80-1842, mostrou maior produção aérea no substrato arenoso. A RB835486 com produção total de fitomassa aérea no substrato argiloso (18,61 kg) é de 1,34 vezes maior do que no substrato arenoso (13,89 kg) e, teve menor relação raízes : parte aérea (RA/PA) com 3,88% (argiloso) e 4,63% (arenoso), com 50,6% (0,3649 kg) do sistema radicial distribuídos nos primeiros 80 cm superficiais do substrato argiloso, e 59,7% (0,3841 kg) no arenoso, comprovando a capacidade desta variedade em adaptar-se tanto em condições de solo argiloso como arenoso, indicando também a distribuição mais uniforme em profundidade, principalmente no substrato argiloso, o que está de acordo com as citações de Vasconcelos (2002), em condições de campo.

TABELA 12 - Massa seca determinada na parte aérea e calculada das raízes (pelo método do cilindro volumétrico) de cana-de-açúcar, por janela (0,25 X 1,00 X 1,80 m), em dois substratos (argiloso e arenoso), em rizotron, na colheita da cana planta, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUN/2000.

Variedade	Substrato	Massa Seca		Relação RA/PA	M.S. Raízes		Raízes
		Parte aérea	Raízes		(0-80)	(80-180)	0 - 80 (cm)
		_kg/janela (0,45 m³ substrato)_		%	_____kg/camada_____		%
RB835486	Argiloso	18,61	0,7215	3,88	0,3649	0,3566	50,6
	Arenoso	13,89	0,6429	4,63	0,3841	0,2588	59,7
RB855536	Argiloso	17,34	0,4223	2,44	0,2885	0,1338	68,3
	Arenoso	10,89	0,8546	7,85	0,3565	0,4981	41,7
SP80-1842	Argiloso	13,42	0,6850	5,10	0,4495	0,2355	65,6
	Arenoso	15,91	0,5328	3,35	0,2811	0,2517	52,8

RA/PA = Raízes : Parte Aérea

A RB 855536 com uma produtividade total da fitomassa aérea no substrato argiloso de 17,34 kg é 1,59 vezes maior que a do arenoso (10,89 kg), revelou menor relação RA/PA com 2,44% (argiloso) e 7,85% (arenoso), com 68,3 % das raízes

(0,2885 kg) distribuídas nos primeiros 80 cm no substrato argiloso comparado a 41,7% (0,3565 kg) no arenoso, indicando que apesar da duplicação na quantidade de raízes produzidas no substrato arenoso (0,8546 kg), não proporcionou acréscimo na produtividade de colmos, com uniformidade de distribuição nas camadas mais profundas (80 a 180 cm), ao contrário, no substrato argiloso (0,4223 kg), com menor sistema radicial, apresentou maior produção da fitomassa seca da parte aérea (17,34 kg). No substrato argiloso, há tendência desta variedade em concentrar as suas raízes nas camadas mais superficiais (68,3%), em cana planta, resultados semelhantes foram obtidos por Vasconcelos (1998), em condições de campo.

A variedade SP80-1842 no ciclo de cana planta apontou maior produção aérea no substrato argiloso (15,91 kg), com superioridade de 1,19 vezes a do substrato arenoso (13,42 kg), apresentando relação RA/PA de 5,10% (argiloso) e 3,35% (arenoso), com 65,6% das raízes (0,4495 kg) distribuídas nos 80 cm superficiais no argiloso e 52,8% no arenoso (0,2811 kg), indicando que a maior quantidade de raízes produzidas no substrato argiloso (0,6846 kg), também era uniformemente distribuídas nas camadas mais superficiais (65,6%), enquanto que no substrato arenoso a SP80-1842 mostrou distribuição radicial em toda extensão do perfil, demonstrando a melhor adaptação desta variedade em cana planta, nas condições de substrato arenoso.

A literatura mostra em cana planta, em condição de campo, uma relação RA/PA variando de 3,99 a 10,2%, em função da variedade, tipo de solo, e idade da planta (Rostron, 1974; Inforzato e Alvarez, 1957, San José e Medina, 1970; Salata et al., 1987; Korndörfer et al., 1989).

## 4.6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

-O rizotron é uma estrutura viável para estudo do sistema radicial e caulinar da cana-de-açúcar.

-O substrato influencia o desenvolvimento das variedades, nas suas características agrônômicas, tecnológicas, do sistema radicial e na relação raiz : parte aérea;

-As variedades RB835486 e RB855536, apresentam no substrato argiloso melhor desenvolvimento nas características agrônômicas, enquanto a variedade SP80-1842 mostra melhor desempenho no substrato arenoso;

-As variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842 apresentam no substrato arenoso melhor desempenho nas características tecnológicas;

-As variedades RB835486 e RB855536, apresentam no substrato arenoso maior quantidade total de raízes, enquanto a variedade SP80-1842 demonstra no substrato argiloso;

-A relação raiz : parte aérea foi mais elevada nas variedades RB855536 e RB835486 em substrato arenoso, enquanto a variedade SP80-1842 apresenta no substrato argiloso;

-Independente da variedade e do substrato, ocorre desenvolvimento radicial em todo o perfil do substrato, com concentração de raízes na camada superficial e uniformidade na distribuição nas demais camadas.

-Ocorrem quatro fases importantes na relação raiz : parte aérea: 1) por volta dos 125 DAP- (dias após plantio); 2) cerca de 188 DAP; 3) entre 294 a 354 DAP; 4) época da colheita (produção final radicial e caulinar).

## **5 CAPÍTULO II**

**DESENVOLVIMENTO RADICIAL E CAULINAR, DE TRÊS  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM RIZOTRON, EM DOIS  
SUBSTRATOS. II – CANA DE PRIMEIRA SOCA**

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Os principais dados climatológicos e balanço hídrico dos anos de 2000 e 2001, coletados na Estação Meteorológica do IAPAR/ INEMET em Paranavaí-PR, estão nos anexos 07 e 08. Como pode ser observado, durante o ciclo da cana de primeira soca (1ª rebrota), os dados meteorológicos do período de junho/2000 a julho/2001 podem ser considerados como normais para a região.

Os dados do monitoramento da temperatura do solo, com termômetro digital GULterm 1001 com sonda intercambiável de termopar tipo K estão nos anexos 09; 10 e 11. Verifica-se no rizotron, temperaturas similares na profundidade das diversas camadas monitoradas. Enquanto nas condições de campo, as temperaturas superficiais do solo a 20 cm, foram sempre superiores a do rizotron.

### **5.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS**

O período de desenvolvimento da cana de primeira soca foi de junho de 2000 a julho de 2001, totalizando 378 dias.

Nas Tabelas 13; 14 e 15 estão apresentadas as principais características agronômicas avaliadas nas variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842, em cana de 1ª soca, em substratos argiloso e arenoso, em condições de rizotron.

#### **5.2.1 Perfilhamento**

À medida que as avaliações foram progredindo em relação à estação de crescimento após a colheita da cana planta, as densidades populacionais de perfilhos foram aumentando até dezembro de 2000. Verifica-se na Tabela 13 e na Figura 08-A, que a variedade RB835486, nos dois tipos de substrato, o número

máximo de perfilhos por touceira foi obtido aproximadamente, aos 161 DAC - dias após a colheita da cana planta (junho–dezembro), com 29 perfilhos no substrato argiloso e 19 no arenoso. A partir dos 161 DAC houve redução no número de perfilhos, estabilizando-se por volta dos 252 DAC (junho-março), chegando no momento da colheita em julho/2001 (378 DAC) com 16 colmos no argiloso e 11 no arenoso. A diminuição do número de colmos do máximo perfilhamento até a colheita, foi cerca de 45% no argiloso e 42% no arenoso.

TABELA 13 - Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB835486, cana de 1<sup>a</sup> soca, nos substratos argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

Parâmetros	ÉPOCA								
	27/06/00	22/08/00	27/09/00	31/10/00	05/12/00	23/01/01	06/03/01	09/05/01	10/07/01
	DIAS APÓS COLHEITA (DAC)								
	0	56	92	126	161	210	252	316	378
<b>ARGILOSO</b>									
Perfilhos (n <sup>o</sup> )	15	6	8	24	29	19	16	16	16
Altura média (cm)	328	8	21	31	65	148	215	257	284
Folhas totais (n <sup>o</sup> )	146	24	57	171	169	161	143	116	159
Folhas/perfilho (n <sup>o</sup> )	9,73	4,00	7,13	7,13	5,83	8,47	8,94	7,25	9,94
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	67882,5	1212,4	12484,1	35688,0	73482,3	85884,9	85831,1	60728,3	69857,6
<b>ARENOSO</b>									
Perfilhos (n <sup>o</sup> )	13	6	8	17	19	11	11	11	11
Altura média (cm)	307	8	17	35	60	160	202	264	288
Folhas totais (n <sup>o</sup> )	110	18	59	122	98	97	91	88	102
Folhas/perfilho (n <sup>o</sup> )	8,46	3,00	7,38	7,18	5,16	8,82	8,27	8,00	9,27
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	49470,5	1544,6	13457,3	37384,7	36923,4	56492,7	53261,3	38724,7	47641,4

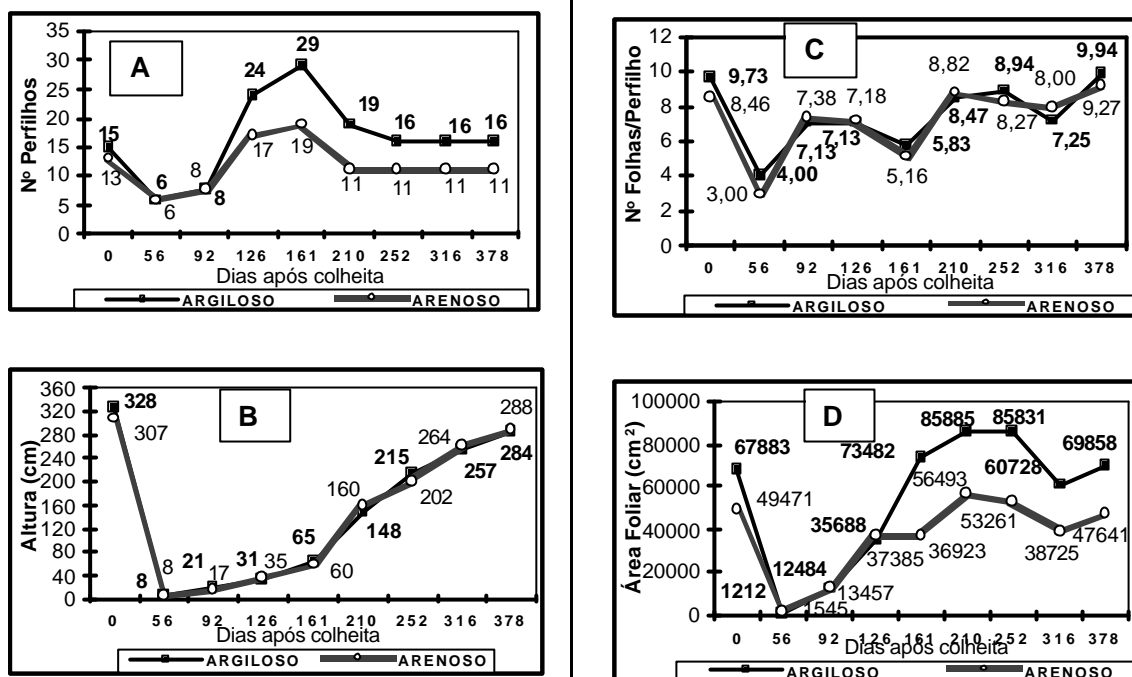


FIGURA 08 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB835486: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfílio (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

A variedade RB855536 na Tabela 14 e na Figura 09-A, com o mesmo desenvolvimento, teve o máximo de perfilhos em outubro/2000 (126 DAC) porém, com número maior de perfilhos 40, no argiloso contra 33 no arenoso, comprovando a característica de excelente brotação de soca desta variedade. Até março ocorreu diminuição e estabilização no número final de colmos, ficando por ocasião da colheita, 14 e 13 colmos respectivamente, argiloso e arenoso. As quedas no número de colmos foram respectivamente, cerca de 65% para o argiloso e 61% no substrato arenoso.



TABELA 14 - Resultado das avaliações das características agronômicas da variedade RB855536, cana de 1ª soca, nos substratos argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

Parâmetros	ÉPOCA								
	27/06/00	22/08/00	27/09/00	31/10/00	05/12/00	23/01/01	06/03/01	09/05/01	10/07/01
	DIAS APOS COLHEITA (DAC)								
	0	56	92	126	161	210	252	316	378
<b>ARGILOSO</b>									
Perfilhos (nº)	15	24	30	40	35	18	14	14	14
Altura média (cm)	286	7	19	32	53	136	209	239	289
Folhas totais (nº)	127	71	190	248	168	127	125	112	124
Folhas/perfilho (nº)	8,47	2,96	6,33	6,20	4,80	7,06	8,93	8,00	8,86
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	41838,8	2689,5	28049,7	53703,6	52918,1	64416,8	61257,3	35285,6	44474,9
<b>ARENOSO</b>									
Perfilhos (nº)	13	32	32	33	29	17	14	13	13
Altura média (cm)	275	6	19	32	52	124	196	187	252
Folhas totais (nº)	115	102	156	192	129	113	110	85	93
Folhas/perfilho (nº)	8,85	3,19	4,88	5,82	4,45	6,65	7,86	6,54	7,15
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	38120,1	4447,1	24351,5	38932,7	36347,3	52463,1	45364,4	20359,9	33049,6

Com a variedade SP80-1842 na Tabela 15 e Figura 10-A, apresentou o menor número de perfilhos no pico, ocorrido em outubro de 2000 (126 DAC), com 29 perfilhos no substrato argiloso e 24 perfilhos no arenoso, estabilizando em junho de 2001 com 13 e 11 colmos respectivamente, argiloso e arenoso. No número de colmos final, ocorreu decréscimo em torno de 55% no substrato argiloso e 54% no arenoso em relação ao máximo perfilhamento.

De maneira geral, pode-se inferir, que os valores de perfilhamento observados nas condições de rizotron são semelhantes àqueles encontrados por diversos pesquisadores nas condições de campo (Rocha, 1984; Tokeshi, 1986; Prado, 1988; Balieiro, 1995 e Alvarez et al., 1999), que verificaram o máximo perfilhamento entre o terceiro e o quinto mês após a colheita. Observando o ciclo da cana primeira soca, na fase inicial ocorreu aumento progressivo no número de colmos, com o número máximo de perfilhos obtido nos meses de outubro a

dezembro e com queda acentuada em janeiro, desde então decresceu lentamente até março. Daí em diante, ocorreu estabilização no número de colmos até a época de colheita (julho). Em substrato arenoso, independentemente da variedade, mesmo na RB855536 (de excepcional brotação de soca) verificou-se em todo o período do ciclo da cana soca, menor quantidade de perfilhos, inclusive na fase de máximo perfilhamento (33 perfilhos), bem como, por ocasião da colheita (378 DAC). Ao contrário, em condições mais favoráveis à planta, substrato argiloso, observou-se em todo o período de desenvolvimento caulinar da cana soca maior quantidade de perfilhos principalmente, no pico máximo de perfilhamento (40 perfilhos) e praticamente, iguais no número de colmos finais (colheita).

TABELA 15 - Resultado das avaliações das características agrônômicas da variedade SP80-1842, cana de 1ª soca, nos substratos argiloso (A) e arenoso (B), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

Parâmetros	ÉPOCA								
	27/06/00	22/08/00	27/09/00	31/10/00	05/12/00	23/01/01	06/03/01	09/05/01	10/07/01
	DIAS APÓS COLHEITA (DAC)								
	0	56	92	126	161	210	252	316	378
<b>ARGILOSO</b>									
Perfilhos (nº)	11	15	14	29	21	14	13	13	13
Altura média (cm)	372	7	21	41	101	207	274	289	376
Folhas totais (nº)	80	56	85	188	118	111	105	101	112
Folhas/perfilho (nº)	7,27	3,73	6,07	6,48	5,62	7,93	8,08	7,77	8,62
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	32628,2	2194,5	17284,7	43522,6	53100,8	68212,8	58514,9	38129,4	40509,9
<b>ARENOSO</b>									
Perfilhos (nº)	13	12	15	24	17	13	11	11	11
Altura média (cm)	380	8	22	42	99	201	277	283	370
Folhas totais (nº)	98	41	93	163	97	93	90	90	76
Folhas/perfilho (nº)	7,54	3,42	6,20	6,79	5,71	7,15	8,18	8,18	6,91
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	45494,4	1681,1	22636,6	36964,6	53873,0	56981,4	45730,7	35919,5	31657,7

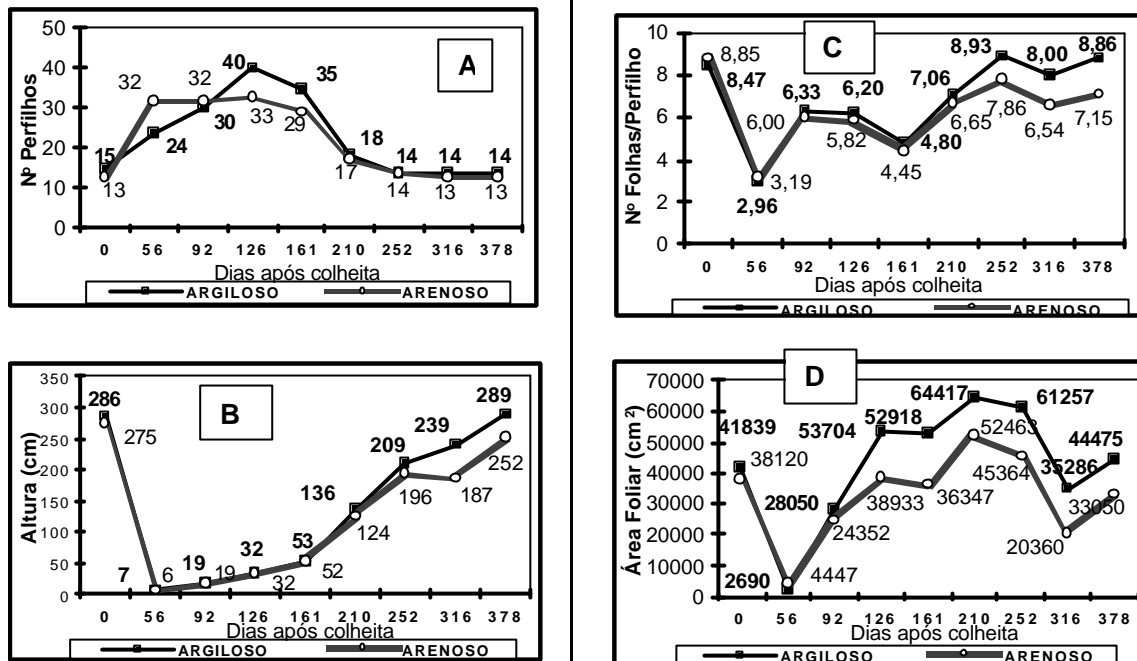


FIGURA 09 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade RB855536: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

Resultados semelhantes em condições de campo foram obtidos por Prado (1988), que também verificou em cana soca de primeiro corte, que o número de colmos final era praticamente igual ou um pouco maior ao da cana planta, conforme a variedade estudada, embora formasse um menor número de colmos, na fase de máximo perfilhamento. Justificado por Stolf (1982) onde comenta, que dada a grande quantidade de gemas nos rizomas na cana soca, ocorre normalmente uma grande quantidade de perfilhos primários numa mesma touceira, diferentemente da cana planta, que, além disso, se desenvolve com mais rapidez. No final do ciclo, o número de colmos acaba sendo maior na soca do que na cana planta, também, devido à maior velocidade de brotação e formação de perfilhos. Tokeshi (1986) comenta, que cada variedade possui o seu número final de colmos, específico para cada condição de crescimento.

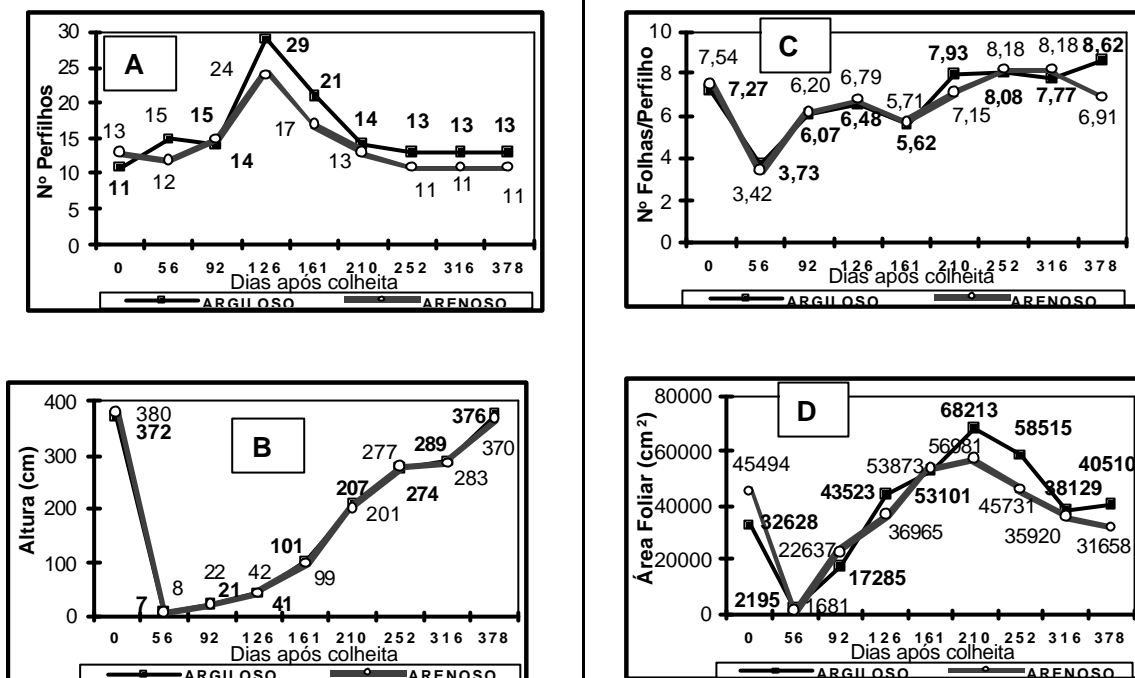


FIGURA 10 - Desenvolvimento da parte aérea da variedade SP80-1842: número de perfilhos (A); altura média (B); número de folhas/perfilho (C); área foliar por touceira (D), em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

### 5.2.2 Altura das plantas

Conforme a Tabela 13 e a Figura 08 -B, a variedade RB835486 apresentou crescimento em altura semelhante, tanto no substrato argiloso (284 cm) como no arenoso (288 cm), com leve tendência de superioridade para o arenoso, no momento da colheita da cana soca (378 DAC). Caracterizando a adaptação desta variedade tanto em solo mais leve como pesado. Do período de junho a dezembro/00 a cana cresceu no substrato arenoso, 21% (60 cm) e no argiloso 23% (65 cm) e de dezembro a março/2001, com crescimento mais acentuado de 49% (142 cm) a 53% (150 cm) e o restante, de março até a colheita, de 30% (88 cm) a 24% (69 cm) no substrato arenoso e argiloso, respectivamente.

A variedade RB855536 (Tabela 14 e na Figura 09-B), apresentou maior crescimento da cana de 1ª rebrota no substrato argiloso (289 cm), com valor de altura, superior em 15% comparado com o arenoso (252 cm). Do período de junho a dezembro/00, da altura total, a cana soca cresceu no substrato argiloso, 18%=53 cm e no arenoso 21%=52cm, com crescimento mais acentuado de dezembro a março/2001, no argiloso com 54%=156 cm e no arenoso, 57%=144 cm e até a fase final de colheita (março a julho/01), com crescimento de 28%=80cm e 22%=56 cm respectivamente, substrato argiloso e arenoso.

Na Tabela 15 e Figura 10-B, a SP80-1842 também teve comportamento idêntico das variedades anteriores, com crescimento similar no substrato argiloso (376 cm) e no arenoso (370 cm), com leve tendência de maior crescimento para o argiloso. Da altura total (378 DAC), do período de junho a dezembro/00 houve crescimento de 27% tanto no substrato argiloso (101 cm) como arenoso (99 cm), de dezembro a março/2001 com o máximo de crescimento de 46%=173 cm e 48%=178 cm e o restante do período de março a julho/2001 (colheita), crescimento de 27%=102 cm e 25%=93 cm respectivamente, substrato argiloso e arenoso. Tal desenvolvimento coincide com os resultados encontrado por Miocque (1999) e Alvarez et al.,(1999), nas condições de campo.

Nas condições de rizotron, Figura 08, 09 e 10 verificam-se, que quando os perfilhos atingem a altura média em torno de 40 a 60 cm, conforme a variedade, inicia-se a competição por luz, água e nutrientes dentro e entre plantas, ocorrendo diminuição no número de perfilhos e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes o seu número tende a estabilizar com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados. Resultados semelhantes foram encontrados por Tokeshi (1986) em condições de campo, que comenta que a concorrência inicia quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50 cm de altura até o colarinho da folha +1.

### 5.2.3 Folhas

As três variedades usadas RB835486, RB855536 e SP80-1842 (Tabelas 13; 14 e 15), expressaram desenvolvimento similares em relação ao número de folhas verdes totais na cana de primeira soca, nas condições de rizotron. Salienta-se que somente, foram consideradas as folhas verdes (com pelo menos 20% de área verde) e totalmente expandidas (abertas). Verifica-se crescimento gradativo no número de folhas verdes com o aumento do período vegetativo, com valor máximo no número total de folhas (122 a 248) coincidindo com o ponto máximo de perfilhamento (17 a 40), por volta dos 126 a 161 DAC (outubro a dezembro), posteriormente, ocorre diminuição, para na colheita (378 DAC) observar-se leve aumento no número total de folhas ativas. Nas variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842, observa-se maior quantidade de folhas no substrato argiloso do que no arenoso.

Com relação ao número de folhas por perfilho (Tabelas 13; 4 e 15), as três variedades, independentemente do tipo de substrato, apresentaram comportamento similares. Verificam-se nas Figuras 08-C, 09-C e 10-C, leve estabilização no número de folhas no período de junho a dezembro (0 a 161 DAC), variando conforme a variedade de 4,45 a 5,83 folhas por perfilho. A partir de dezembro (após 210 DAC), com a estabilização e crescimento dos perfilhos dominantes, coincide com o aumento no número de folhas por perfilho (variação de 6,54 a 9,94), até o momento da colheita (378 DAC), o que está de acordo com Castro (2002) e Machado (1981) onde citam, que cada entrenó produz uma nova folha em cerca de cada dez dias e uma folha mais velha senesce, deixando um número constante de oito a nove folhas por colmo, após o fechamento do dossel. Por outro lado, Cock (2001) comenta: conforme o local, os números totais de folhas funcionais expandidas por colmo normalmente variam entre 6 a 13, sendo que em uma cultura bem desenvolvida o número de folhas é regulado pelo sombreamento.

#### 5.2.4 Área foliar

Nos resultados obtidos, Tabela 13, a variedade RB835486 nos dois tipos de substratos, verifica-se que a área foliar por touceira na cana soca apresentou crescimento lento até aproximadamente 92 DAC (Figura 08-D). Na segunda fase (correspondendo de 92 a 210 DAC), o crescimento foi rápido, atingindo seu máximo (56.493 a 85.885 cm<sup>2</sup>) em janeiro (cerca de 210 DAC). A partir dos 210 DAC, ocorreu declínio e posteriormente, por ocasião da colheita em julho (378 DAC) novo aumento na área foliar (47.641 a 69.858 cm<sup>2</sup>). Resultados semelhantes em condições de campo foram observados por Yoon (1971); Machado et al. (1982); Alvarez et al. (1999).

Na Tabela 14, observa-se que a variedade RB855536 (Figura 09-D) apresentou desenvolvimento semelhante à da RB835486. Verifica-se que no substrato argiloso mostrou valores maiores de área foliar total por touceira (64.417 cm<sup>2</sup>), comparado ao substrato arenoso (52.463 cm<sup>2</sup>) principalmente, a partir do período de acentuado crescimento das plantas (outubro a março).

Analisando a Tabela 15 nota-se, que a variedade SP80-1842 (Figura 10-D), também teve o mesmo procedimento que as duas variedades anteriores, ou seja, a área foliar total por touceira aumentou até o valor máximo (56.981 a 68.213 cm<sup>2</sup>) ocorrido em janeiro (294 DAC), decrescendo até o momento da colheita (31.658 a 40.510 cm<sup>2</sup>).

Conforme comentado por Machado (1987) e verificado neste estudo em rizotron (Figuras 08, 09 e 10), a mortalidade dos colmos coincidem com o período em que a área foliar aumenta rapidamente, sugerindo que, além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação da queda acentuada do número de colmos.

### 5.3 FITOMASSA DA PARTE ÁREA

Na Tabela 16 estão apresentadas as principais características agronômicas e tecnológicas avaliadas das variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842 em

substrato argiloso e arenoso, em condições de rizotron, por ocasião da colheita da cana primeira soca realizada em 10/07/2001 (378 DAC).

### 5.3.1 Características agronômicas

Os resultados médios das principais características: número de colmos, diâmetro, número de nós, altura dos colmos, número de folhas verdes, área foliar total da touceira estão na Tabela 16, onde se pode constatar, que a variedade RB835486 apresentou maior número de colmos; folhas verdes; área foliar total e fitomassa seca total no substrato argiloso e, no arenoso maior diâmetro; número de nós; altura do colmo e fitomassa verde por colmo. Nas variedades RB855536 e SP80-1842, mostraram maior número de colmos; diâmetro; número de nós; altura de colmo, folhas verdes; área foliar total; fitomassa verde por colmo e fitomassa seca total no substrato argiloso, em substrato arenoso verificou-se os menores valores em todos os dados agronômicos avaliados.

Nota-se, na Tabela 16, que a variedade RB 835486 em substrato argiloso, resultou em diferença positiva superior de 45,45% em número de colmos (16 e 11); 46,63% na área foliar total (69.858 e 47.641 cm<sup>2</sup>); 33,08% na fitomassa seca total por touceira (16,05 e 12,06 kg), comparado ao substrato arenoso. Verifica-se, que no substrato argiloso, mesmo apresentando maior número de colmos (16), associado com maior presença de folhas (10) em consequência maior área foliar (69.858 cm<sup>2</sup>), apresentou menor altura de colmos (284 cm), cujos resultados semelhantes também foram obtidos em condições de campo por Alvarez e Castro (1999). Considerando o espaçamento de 1,40 m, e extrapolando os dados obtidos por touceira (um metro linear) em produtividade por hectare teremos, a fitomassa verde total de 192,4 t ha<sup>-1</sup> e fitomassa seca total de 114,6 t ha<sup>-1</sup> no substrato argiloso e no arenoso respectivamente, 114, 6 t ha<sup>-1</sup> e 86,1 t ha<sup>-1</sup>.

Com relação à variedade RB855536, verifica-se diferença superior de 7,7% no número de colmos (14 e 13), crescimento superior de 14,7% em altura (289 e 252 cm), 34,6% na área foliar total (44.475 e 33.050 cm<sup>2</sup>) e 59,3% na fitomassa seca total por touceira (14,32 e 8,99 kg) no substrato argiloso em relação ao arenoso. Por



hectare a produção estimada temos: 156,0 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa verde total e 102,3 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca total no substrato argiloso e no arenoso respectivamente, 104,2 t ha<sup>-1</sup> e 64,2 t ha<sup>-1</sup>.

TABELA 16 - Características agrônômicas e tecnológicas das variedades, na colheita da cana de 1<sup>a</sup> soca (10/07/01 - 378 dias), substrato argiloso e arenoso, em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, JUL/2001.

Parâmetros	ARGILOSO			ARENOSO		
	RB	RB	SP	RB	RB	SP
	835486	855536	80-1842	835486	855536	80-1842
Número Colmos	16	14	13	11	13	11
Diâmetro médio colmo (cm)	2,5	2,6	2,7	2,8	2,4	2,7
Número médio nós colmo	19	19	23	25	17	22
Altura média colmo (cm)	284	289	376	288	252	370
Folhas médias colmo	10	9	9	9	7	7
Área Foliar total touceira (cm <sup>2</sup> )	69.858	44.475	40.510	47.641	33.050	31.658
Massa Verde média colmo (kg)	1,38	1,31	1,56	1,43	0,95	1,50
Massa Verde Total touceira (kg)	26,94	21,84	23,37	18,94	14,59	18,97
Massa Seca Total touceira (kg)	16,05	14,32	14,82	12,06	8,99	12,02
BRIX Refratométrico campo (ponta)	18,23	8,87	18,52	21,22	16,15	20,67
BRIX Refratométrico campo (pé)	23,14	22,8	22,02	23,33	22,89	22,78
Pol da cana (médio)	14,91	13,79	13,71	16,55	14,68	15,06
ATR - kg/t cana - (médio)	140,77	131,8	128,99	155,24	138,1	141,5
TCH (Tonelada cana por hectare)	157,70	130,98	144,84	112,34	88,20	117,84
TPH (Tonelada pol por hectare)	23,51	18,06	19,86	18,59	12,95	17,75

A variedade SP80-1842 teve crescimento superior em 1,62% na altura média (376 e 370 cm), 18,2% no número de colmos (13 e 11), 28,0% na área foliar (40.510 e 31.658 cm<sup>2</sup>) e 23,3% na fitomassa seca total (14,82 e 12,02 kg) no substrato argiloso comparado ao arenoso. A produtividade por hectare foi de 166,9 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa verde e 105,8 t ha<sup>-1</sup> de massa seca no substrato argiloso e no substrato arenoso respectivamente, 135,5 t ha<sup>-1</sup> e 85,8 t ha<sup>-1</sup>.

Dentre os diversos dados avaliados, a influência do substrato (solo) na produtividade da cana-de-açúcar é bastante clara. É possível que as diferenças obtidas sejam devida ao contraste entre os substratos argiloso e arenoso, já que ambos encontram-se na mesma condição climática e com o mesmo elenco varietal.

Estes diferentes resultados verificados em cana de primeira soca comprovam, que as variedades podem expressar desempenhos variados em função da interação das características genéticas associadas com as do solo (substrato), dando resposta diferenciada de produtividade, sendo os fatores principais, que influenciaram a produtividade final, foram o número final e altura dos colmos industrializáveis. Apresentando maior produtividade com maior número de colmos no substrato argiloso, as variedades RB835486 (16 colmos contra 11), RB855536 (14 colmos contra 13) e SP80-1842 (13 colmos contra 11) comparado ao substrato arenoso, com respostas diferenciadas de produtividade. Essa amplitude de variação de produtividade dos cultivares, também foi constatada em condições de campo, por Dias (1997), Dias et al. (1999), Maule et al. (2001) e Suguitani (2001). Estes autores relatam, que em ambientes (solo e clima) mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal o potencial genético de cada variedade é mais evidenciado. Dias (1997) atribuiu a vantagem produtiva do solo com maior potencial de produtividade em relação aos demais, à associação das características físicas, que permitiram um bom armazenamento de água e às boas condições químicas. Dias et al. (1999) consideram, que foi provavelmente, em função de maior desenvolvimento radicial no perfil, aproveitando não somente os maiores teores absolutos em nutrientes, como também a água armazenada na camada B. Maule et al. (2001), consideram os fatores que contribuíram para a maior produção vegetal, o solo de maior potencial, como resultado da associação das condições químicas e das condições físicas do solo, apresentando melhor desenvolvimento radicial, o que possibilitou melhor aproveitamento na absorção de nutrientes e água. Suguitani (2001) considera, que o maior desenvolvimento no solo argiloso seja resultado da melhor condição química em relação ao solo arenoso.

### **5.3.2 Características tecnológicas**

Os dados médios das principais características tecnológicas: Brix refratométrico de campo; Pol da cana; Fibra % cana calculada e ATR estão na Tabela 16.

Observa-se, que a variedade RB835486 apresentou maior valor, de pol da cana (16,55%) e ATR (155,24 kg) no substrato arenoso, apresentando teor superior de 11% no pol da cana e 10,3% em ATR, comparado aos dados do argiloso (14,91% e 140,77 kg, respectivamente), apresentando produtividade final maior no substrato argiloso de 157,70 TCH (tonelada de cana por hectare) e 23,51 TPH (tonelada de pol por hectare) e no arenoso 112,34 TCH e 18,59 TPH, em função que, no substrato argiloso, apresentou maior número de colmos industrializáveis 16, contra 11 no arenoso. Considerando-se os dados de leitura de Brix, obtido pelo refratômetro de campo e determinando o índice de maturação médio dos colmos da touceira, obtido pela relação entre o Brix da ponta e o Brix da base, temos para o argiloso 0,91 e 0,95 de índice para o arenoso. Analisando estes dados temos, que para o substrato argiloso o índice 0,91 é indicativo para a plena fase de maturação, com possibilidade de aumentos na maturação. O índice de 0,95 no arenoso indica, que está no auge da maturação.

Por ocasião da colheita da cana de primeira soca (julho/2001), as variedades RB855536 e SP80-1842 (Tabela 16), apresentaram de maneira geral maiores teores de pol da cana e ATR no substrato arenoso. A RB855536 no substrato arenoso em relação ao argiloso mostrou valores maiores de 13% na pol da cana (14,68%) e 4,8% de ATR (138,10 kg), com produtividade de 130,98 TCH e 18,06 TPH no substrato argiloso contra 88,20 TCH e 12,95 TPH no arenoso. Na SP80-1842 apresentou índices superiores no arenoso de 9,8% para pol da cana (15,06%) e 9,7% em ATR (141,50 kg), com a produção final de 144,84 TCH e 19,86 TPH no substrato argiloso e no arenoso 117,84 TCH e 17,75 TPH. Analisando os índices de maturação, temos na variedade RB855536, 0,75 para argiloso e 0,81 no arenoso, indicando que a cana ainda não está bem madura, com possibilidade de aumento sensível na maturação nos dois tipos de substratos, confirmando a característica de média maturação desta variedade. A SP80-1842, com índice respectivo de 0,91 e 0,95, indicam estar com a fase de maturação completa. De uma maneira geral observou-se nas três variedades avaliadas, teor maior de pol da cana no substrato arenoso, indicando também, melhores índices de maturação.

Estes resultados comprovam, que as variedades podem expressar desempenhos variados em função da interação das características genéticas

associados com as do solo (substrato), dando respostas diferenciadas com variações no teor de sacarose das variedades. Cesar et al. (1987) citam, que a cana-de-açúcar, para obter acúmulo de sacarose, necessita sofrer estresse (diminuição dos fatores de produtividade). Bassinello et al. (1980) comentam, que as principais características a serem consideradas com relação ao solo são as, que dizem respeito às propriedades físicas e químicas.

## **5.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICIAL**

### **5.4.1 Comprimento de raízes pelo método do decalque**

Nas Tabelas 17; 18 e 19 estão apresentados os resultados das avaliações de comprimento total, profundidades das raízes e a porcentagem de distribuição em extratos de 0,20 m, usando a metodologia do decalque, nos períodos de desenvolvimento da cana de primeira soca, em condições de rizotron.

Os dados mostram o comportamento diferenciado entre as três variedades estudadas, associadas ao tipo de solo/substrato. Verifica-se a diminuição do comprimento das raízes com o aumento da profundidade do solo principalmente, da fase inicial de brotação da soca até cerca de 126 a 161 DAC (período de máximo perfilhamento). Após esta fase, verifica-se tendência de aumento no crescimento das raízes em camadas mais profundas do perfil principalmente, nos 60 dias finais até a colheita. Nas condições de rizotron, apesar de existir a tendência de concentração maior das raízes na superfície, observa-se o desenvolvimento do sistema radicial em todo o perfil do solo/substrato, com maior uniformidade na distribuição das raízes em camadas mais profundas principalmente, na fase final de desenvolvimento da cana de primeira soca, em função das condições físicas e químicas de todo o perfil do rizotron, uma vez os substratos foram corrigidos, homogeneizados com fertilizantes e colocados uniformemente no rizotron.

Conforme Tabela 17 (Figura 11), considerando a soma total das nove leituras, realizadas através da metodologia do decalque temos, que a variedade RB835486

apresentou no substrato argiloso o comprimento total durante o ciclo de desenvolvimento da cana de primeira soca de 13.615 cm, contra 12.017 cm de raízes no substrato arenoso. Diferença superior de 13,3 % no argiloso, caracterizando a capacidade de adaptação do sistema radicial desta variedade, em condições de solo tanto argiloso como arenoso semelhantemente, a cana planta. Independentemente do tipo de substrato, por ocasião da brotação da soqueira, considerando a vantagem de iniciar o crescimento com o sistema radicial já estabelecido e distribuído em maior volume do substrato, observa-se o aumento inicial na distribuição de raízes nos primeiros 60 dias após a colheita da cana planta (DAC), produzindo raízes nas camadas de 40 cm superficiais no substrato argiloso com 56%=758 cm e no arenoso com 60%=440 cm do comprimento total das raízes. A literatura de um modo geral demonstra, que em condições de campo as raízes se concentram mais nas camadas superficiais, variando apenas quanto às proporções. Ressalte-se, que por ocasião da colheita persiste todo o sistema radicial da cana planta, que segundo Bacchi, 1985; Castro, 2001b, mantém-se ainda em atividade por algum tempo, até o início da sua substituição pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira. Essa substituição é lenta e gradual, ocorrendo um período onde o sistema radicial antigo atua concomitantemente com o novo sistema em formação. Comentam ainda, que as raízes das soqueiras, normalmente são mais superficiais, que as da cana planta, pelo fato de que os perfilhos das soqueiras brotam mais próximos da superfície do que os da cana planta.

A seguir, ocorre a diminuição no crescimento de raízes, coincidindo com o período de aumento no número de perfilhos (56 a 92 DAC). Durante o período de intenso perfilhamento (92 a 161 DAC) sucede uma tendência de aumento no comprimento de raízes. Do período de máximo número de perfilhos (161 DAC) até a diminuição e estabilização no número de colmos (252 a 316 DAC), ocorre o maior aumento no crescimento de raízes (2.009 a 2.857 cm). Nesta fase de maior crescimento do sistema radicial (161 a 316 DAC), no substrato argiloso houve aumento de 2,95 vezes no comprimento total de raízes (2.857 cm) e no arenoso (2.009 cm) acréscimo de 2,68 vezes. Da época de estabilização no número de colmos até fase de colheita, no argiloso (316 a 378 DAC) apresentou tendência de

TABELA 17 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB835486, cana de 1ª Soca, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUL/2001.

Profundidade(cm)	ÉPOCAS (dias)																		Dados Totais.....			
	...Colheita....		.....56.....		.....92.....		.....126.....		.....161.....		.....210.....		.....252.....		.....316.....		.....378.....		TOTAL		Média	
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%		%		%
<b>ARENOSO</b>																						
0-20	441	14%	243	33%	57	17%	94	12%	82	11%	220	26%	425	21%	384	23%	165	9%	2111	18%	234,6	18%
20-40	502	16%	197	27%	131	39%	146	18%	93	12%	145	17%	408	20%	280	16%	169	10%	2071	17%	230,1	17%
40-60	279	9%	101	14%	55	16%	157	19%	132	18%	113	13%	225	11%	253	15%	136	8%	1451	12%	161,2	12%
60-80	270	9%	30	4%	21	6%	68	8%	34	5%	30	4%	162	8%	72	4%	181	10%	868	7%	96,4	7%
80-100	344	11%	2	0%	3	1%	94	12%	46	6%	0	0%	117	6%	86	5%	203	11%	895	7%	99,4	7%
100-120	363	12%	31	4%	4	1%	66	8%	15	2%	1	0%	152	8%	54	3%	178	10%	864	7%	96,0	7%
120-140	418	14%	37	5%	18	5%	60	7%	69	9%	21	2%	172	9%	139	8%	211	12%	1145	10%	127,2	10%
140-160	235	8%	56	8%	15	4%	43	5%	70	9%	17	2%	116	6%	152	9%	182	10%	886	7%	98,4	7%
160-180	116	4%	32	4%	2	1%	19	2%	96	13%	98	12%	138	7%	134	8%	154	9%	789	7%	87,7	7%
180-200	87	3%	12	2%	32	9%	60	7%	110	15%	200	24%	94	5%	145	9%	197	11%	937	8%	104,1	8%
<b>SOMA</b>	<b>3055</b>	<b>100%</b>	<b>741</b>	<b>100%</b>	<b>338</b>	<b>100%</b>	<b>807</b>	<b>100%</b>	<b>747</b>	<b>100%</b>	<b>845</b>	<b>100%</b>	<b>2009</b>	<b>100%</b>	<b>1699</b>	<b>100%</b>	<b>1776</b>	<b>100%</b>	<b>12017</b>	<b>100%</b>	<b>1335</b>	<b>100%</b>
<b>Nº Perfilhos</b>	<b>13</b>		<b>6</b>		<b>8</b>		<b>17</b>		<b>19</b>		<b>11</b>		<b>11</b>		<b>11</b>		<b>11</b>					
<b>Área Foliar</b>	<b>49471</b>		<b>1545</b>		<b>13457</b>		<b>37385</b>		<b>36923</b>		<b>56493</b>		<b>53261</b>		<b>38725</b>		<b>47641</b>					
<b>ARGILOSO</b>																						
0-20	236	22%	464	34%	112	21%	107	11%	69	7%	74	6%	243	14%	384	13%	117	4%	1806	13%	200,7	13%
20-40	211	20%	294	22%	125	23%	275	30%	57	6%	132	12%	291	17%	410	14%	251	8%	2046	15%	227,3	15%
40-60	93	9%	90	7%	60	11%	248	27%	68	7%	145	13%	204	12%	374	13%	156	5%	1438	11%	159,8	11%
60-80	126	12%	70	5%	105	19%	64	7%	61	6%	145	13%	128	7%	375	13%	174	6%	1248	9%	138,7	9%
80-100	103	10%	96	7%	2	0%	130	14%	115	12%	51	4%	148	8%	268	9%	257	9%	1170	9%	130,0	9%
100-120	124	11%	84	6%	7	1%	66	7%	100	10%	26	2%	137	8%	309	11%	308	10%	1161	9%	129,0	9%
120-140	81	7%	94	7%	6	1%	28	3%	145	15%	43	4%	165	9%	202	7%	331	11%	1095	8%	121,7	8%
140-160	99	9%	43	3%	32	6%	2	0%	104	11%	128	11%	185	11%	176	6%	424	14%	1193	9%	132,6	9%
160-180	8	1%	73	5%	55	10%	12	1%	103	11%	239	21%	125	7%	196	7%	385	13%	1196	9%	132,9	9%
<b>180-200</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>43</b>	<b>3%</b>	<b>39</b>	<b>7%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>146</b>	<b>15%</b>	<b>162</b>	<b>14%</b>	<b>134</b>	<b>8%</b>	<b>163</b>	<b>6%</b>	<b>575</b>	<b>19%</b>	<b>1262</b>	<b>9%</b>	<b>140,2</b>	<b>9%</b>
<b>SOMA</b>	<b>1081</b>	<b>100%</b>	<b>1351</b>	<b>100%</b>	<b>543</b>	<b>100%</b>	<b>932</b>	<b>100%</b>	<b>968</b>	<b>100%</b>	<b>1145</b>	<b>100%</b>	<b>1760</b>	<b>100%</b>	<b>2857</b>	<b>100%</b>	<b>2978</b>	<b>100%</b>	<b>13615</b>	<b>100%</b>	<b>1513</b>	<b>100%</b>
<b>Nº Perfilhos</b>	<b>15</b>		<b>6</b>		<b>8</b>		<b>24</b>		<b>29</b>		<b>19</b>		<b>16</b>		<b>16</b>		<b>16</b>					
<b>Área Foliar</b>	<b>67883</b>		<b>1212</b>		<b>12484</b>		<b>35688</b>		<b>73482</b>		<b>85885</b>		<b>85831</b>		<b>60728</b>		<b>69858</b>					

aumento na quantidade de raízes (2.978 cm) e no arenoso (252 a 378 DAC) sucedeu a queda no comprimento total de raízes (1.776 cm).

Analisando os dados das Tabelas 13 e 17 sugere-se, que no substrato argiloso, por volta dos 56 DAC e 316 DAC, a variedade RB835486 direciona a utilização dos fotoassimilados para a formação de raízes ao longo do perfil do substrato, tanto em quantidade como em profundidade, com aumento maior na superfície, aos 56 DAC com 56% das raízes (758 cm) distribuídas até os 40 cm de profundidade, e aos 316 DAC com 40% (1.168 cm) nos primeiros 60 cm superficiais. No substrato arenoso, com menor produtividade da parte aérea também, apresentou desempenho semelhante ao argiloso, com acréscimo maior na superfície aos 56 DAC, com 60% das raízes (440 cm) até os 40 cm de profundidade e aos 252 DAC, com 52% das raízes (1.058 cm) nos primeiros 60 cm e as restantes (951 cm) distribuídas uniformemente nas demais camadas do perfil do substrato.

Nota-se, que nos 60 dias finais de desenvolvimento até o momento da colheita (316 a 378 DAC), independentemente do tipo de substrato, apresentou tendência de distribuição uniforme do sistema radicial ao longo do perfil do substrato principalmente, nas camadas mais profundas, ocorrendo distribuição maior na faixa de 100 a 200 cm, com percentual no argiloso variando 37% (316 DAC) a 67% (378 DAC) e no arenoso com 37% (316 DAC) a 52% (378 DAC), sugerindo nesta fase, a necessidade da planta em melhorar a distribuição das raízes no perfil do substrato e conseqüentemente, aumentar a sua maior capacidade de exploração e utilização do solo, conduzindo para maior absorção de água e nutrientes disponíveis, regulando assim o crescimento e desenvolvimento da raiz e da parte aérea, cujo desempenho, está de acordo com Taylor (1981); Korndörfer et al. (1989); Atkinson e Mackie-Dawson (1991); Vasconcelos (2000), que comentam, o crescimento das raízes segue o padrão característico da espécie e está relacionada ao crescimento da parte aérea, com tendência de manutenção da relação raiz : parte aérea, dentro de determinados limites. A distribuição dos fotoassimilados nas raízes e na parte aérea, apesar de ser controlada por fatores intrínsecos da planta, pode ser afetada por condições de ambiente (Klepper, 1991).

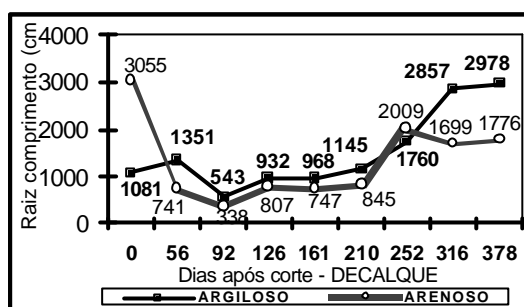


FIGURA 11 - Comprimento radicular da variedade RB835486, método do decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

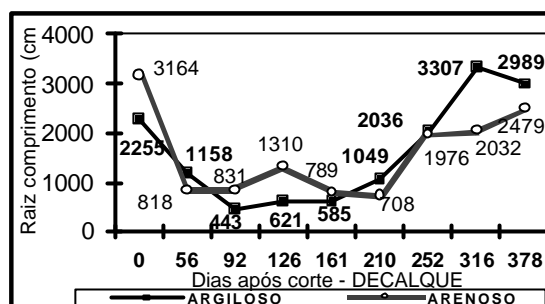


FIGURA 13 - Comprimento radicular da variedade SP80-1842, método do decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

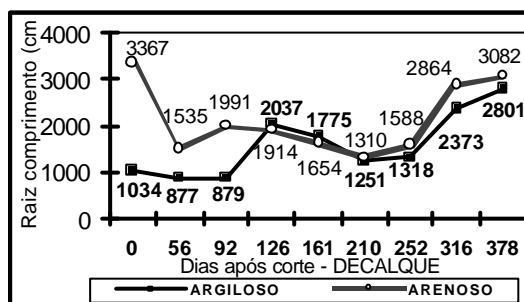


FIGURA 12 - Comprimento radicular da variedade RB85536, método do decalque, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

Na Tabela 18 e Figura 12, a variedade RB85536 apresentou no substrato arenoso o comprimento total de raízes de 19.305 cm e de 14.345 cm no argiloso, com valor superior de 34,6 % no substrato arenoso em relação ao argiloso. A variedade RB85536 em função de sua característica de excelente brotação de soca teve desempenho diferente da RB835486. Após o corte da cana planta até 126 DAC, coincidindo com a fase de intensa brotação da soca e posteriormente, o perfilhamento, apresentou também aumento na quantidade de raízes, variando de 1.914 cm (arenoso) a 2.037 cm (argiloso). Do período de máximo número de



perfilhos até cerca de 252 DAC, fase de diminuição no número de colmos definitivos, também ocorreu a diminuição no comprimento total de raízes (variação de 1.318 a 1.588 cm). Dos 252 até 316 DAC, época de estabilização nos números finais de colmos industrializáveis, apresentaram a fase de máximo crescimento do sistema radicial, com aumento de 1,80 vezes no comprimento total de raízes no substrato argiloso (2.373 cm) e acréscimo de 1,8 vezes no arenoso (2.864 cm). Nos 60 dias finais de 316 a 378 DAC, sucedeu tanto no arenoso como no argiloso, aumento progressivo no comprimento total das raízes (variação de 2.801 a 3.082 cm), apresentando a tendência de distribuição uniforme das raízes ao longo do perfil do substrato principalmente, nas camadas mais profundas, ocorrendo maiores aumentos no comprimento, em torno de 100 a 200 cm, com percentual de distribuição das raízes no substrato argiloso variando de 48% (316 DAC) a 56% (378 DAC) e no arenoso de 35% (316 DAC) a 56% (378 DAC).

No substrato arenoso o comprimento total das raízes (19.305 cm) foi cerca de 1,35 vezes maior do que no argiloso (14.345 cm) porém, conforme os dados de colheita (Tabela 16) a fitomassa seca total aérea no argiloso (14,34 kg) foi 59,3 % superior a do arenoso (8,99 kg), justificado por Casagrande (1991); Matsuoka (1996); Vasconcelos (2002) onde consideram, que a maior massa radicial pode significar perda de produtividade, pois parte das reservas, que poderia ser utilizada para a produção de colmos e folhas, é drenada para o aumento e manutenção do sistema radicial. Na média geral a variedade RB855536 apresentou a distribuição percentual no arenoso de 39%=838 cm e no argiloso de 34%=551 cm nos primeiros 60 cm superficiais e os restantes das quantidades de raízes distribuídas uniformemente ao longo do perfil dos substratos.

A variedade SP80-1842, na Tabela 19 (Figura 13), na fase inicial após o corte da cana planta até 56 DAP (período de aumento na brotação da soca), em função de que após o corte da cana planta, o sistema radicial antigo mantém-se ainda em atividade por algum tempo, quando tem início a sua substituição pelas raízes de novos perfilhos da soca (Bacchi, 1985; Castro, 2001b), verifica-se que a produção de raízes é lenta e gradual, até atingir o pico de aumento no comprimento total de raízes por ocasião dos 126 DAC (fase de máximo perfilhamento) com variação de

TABELA 18 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade RB855536, cana de 1ª Soca, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUL/2001.

Profundidade(cm)	EPOCAS (dias)																		Dados Totais.....			
	...Colheita....		.....56.....		.....92.....		.....126.....		.....161.....		.....210.....		.....252.....		.....316.....		.....378.....					
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	TOTAL	%	Média	%
ARENOSO																						
0-20	283	8%	464	30%	287	14%	201	11%	111	7%	156	12%	162	10%	402	14%	297	10%	2363	12%	262,6	12%
20-40	657	20%	425	28%	524	26%	195	10%	92	6%	282	22%	207	13%	427	15%	229	7%	3038	16%	337,6	16%
40-60	458	14%	257	17%	153	8%	209	11%	211	13%	53	4%	128	8%	453	16%	214	7%	2136	11%	237,3	11%
60-80	371	11%	145	9%	128	6%	161	8%	195	12%	17	1%	133	8%	306	11%	326	11%	1782	9%	198,0	9%
80-100	310	9%	96	6%	138	7%	249	13%	160	10%	31	2%	172	11%	270	9%	276	9%	1702	9%	189,1	9%
100-120	255	8%	86	6%	240	12%	326	17%	225	14%	51	4%	149	9%	278	10%	253	8%	1863	10%	207,0	10%
120-140	234	7%	38	2%	131	7%	233	12%	182	11%	19	1%	137	9%	203	7%	375	12%	1552	8%	172,4	8%
140-160	186	6%	17	1%	135	7%	210	11%	122	7%	52	4%	155	10%	156	5%	314	10%	1347	7%	149,7	7%
160-180	330	10%	3	0%	136	7%	96	5%	111	7%	299	23%	125	8%	194	7%	376	12%	1670	9%	185,6	9%
180-200	283	8%	4	0%	119	6%	34	2%	245	15%	350	27%	220	14%	175	6%	422	14%	1852	10%	205,8	10%
SOMA	3367	100%	1535	100%	1991	100%	1914	100%	1654	100%	1310	100%	1588	100%	2864	100%	3082	100%	19305	100%	2145	100%
Nº Perfilhos	13		32		32		33		29		17		14		13		13					
Área Foliar	38120		4447		24352		38933		36347		52463		45364		20360		33050					
ARGILOSO																						
0-20	344	33%	145	17%	355	40%	103	5%	198	11%	66	5%	228	17%	202	9%	240	9%	1881	13%	209,0	13%
20-40	191	18%	177	20%	325	37%	146	7%	26	1%	140	11%	243	18%	251	11%	253	9%	1752	12%	194,7	12%
40-60	62	6%	206	23%	52	6%	262	13%	62	3%	71	6%	157	12%	292	12%	163	6%	1327	9%	147,4	9%
60-80	95	9%	57	6%	78	9%	317	16%	177	10%	49	4%	160	12%	264	11%	268	10%	1465	10%	162,8	10%
80-100	86	8%	109	12%	4	0%	309	15%	134	8%	58	5%	165	13%	236	10%	281	10%	1382	10%	153,6	10%
100-120	51	5%	52	6%	0	0%	326	16%	288	16%	62	5%	91	7%	235	10%	301	11%	1406	10%	156,2	10%
120-140	87	8%	44	5%	0	0%	168	8%	317	18%	71	6%	49	4%	213	9%	262	9%	1211	8%	134,6	8%
140-160	75	7%	41	5%	8	1%	143	7%	261	15%	63	5%	51	4%	235	10%	294	10%	1171	8%	130,1	8%
160-180	6	1%	28	3%	36	4%	152	7%	116	7%	324	26%	83	6%	204	9%	392	14%	1341	9%	149,0	9%
180-200	37	4%	18	2%	21	2%	111	5%	196	11%	347	28%	91	7%	241	10%	347	12%	1409	10%	156,6	10%
SOMA	1034	100%	877	100%	879	100%	2037	100%	1775	100%	1251	100%	1318	100%	2373	100%	2801	100%	14345	100%	1594	100%
Nº Perfilhos	15		24		30		40		35		18		14		14		14					
Área Foliar	41839		2690		28050		53704		52918		64416,8		61257		35286		44475					

621 cm (argiloso) a 1.310 cm (arenoso), para posteriormente, ocorrer diminuição na produção total de raízes (585 a 789 cm), coincidindo com a queda no número de colmos, para a partir dos 210 DAC, suceder acréscimo progressivo no comprimento total das raízes, atingindo o ponto máximo (2.479 cm no arenoso e 3.307 cm no argiloso) em torno dos 316 DAC, para no substrato argiloso apresentar decréscimo na quantidade de raízes (2.989 cm) até o momento da colheita (378 DAC), ao contrário, no arenoso, ocorreu aumento progressivo do período de 252 até 378 DAC.

Verifica-se na Tabela 19, que da fase inicial de brotação da soca (após o corte da cana planta) até o período de máxima produção de perfilhos (126 DAC) apresentou tendência geral, independente do tipo de substrato, de concentrar as raízes nas camadas mais superficiais, com maior distribuição nos primeiros 60 DAC, com 55%=449 cm na camada de 0-40 cm no arenoso e 77%=897 cm no argiloso. Após os 210 DAC (fase de diminuição no número de colmos) até o momento da colheita (378 DAC), acréscimo no crescimento de raízes, com distribuição uniforme no perfil do substrato, principalmente nas camadas mais profundas, ocorrendo maiores aumentos no comprimento de raízes na faixa de 100 a 200 cm, com percentual de distribuição no substrato argiloso variando de 49% (316 DAC) a 53% (378 DAC) e no arenoso de 29% (316 DAC) a 56% (378 DAC), sugerindo nesta fase, a necessidade da planta em melhorar a distribuição das raízes no perfil do substrato e conseqüentemente, aumentar a sua maior capacidade de exploração e utilização do solo (substrato), conduzindo para maior absorção de água e nutrientes disponíveis, regulando assim o crescimento e desenvolvimento das raízes e da parte aérea. Na média geral a distribuição percentual de raízes apresentou no substrato arenoso 45%=700 cm e no argiloso de 36%=578 cm nos primeiros 60 cm e os restantes das raízes respectivamente, 867 cm=55% e 1.027 cm=64% distribuídas uniformemente ao longo do perfil dos substratos. No substrato argiloso o comprimento total do sistema radicial (14.443 cm) foi cerca de 2,4% maior na quantidade total de raízes do que no arenoso (14.107 cm). Portanto, a leve superioridade na quantidade total de raízes aliada a melhor distribuição, principalmente em profundidade, no substrato argiloso (64%) resultou em aumento

TABELA 19 - Distribuição quantitativa e percentual do comprimento (cm) de raízes da variedade SP80-1842, cana de 1ª Soca, em 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), em rizotron, extratos de 20 cm de profundidade, 9 épocas de leitura, em dois substratos (argiloso e arenoso), pelo método do decalque, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUL/2001.

Profundidade(cm)	EPOCAS (dias)																		Dados Totais.....			
	...Colheita....		.....56.....		.....92.....		.....126.....		.....161.....		.....210.....		.....252.....		.....316.....		.....378.....					
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	TOTAL	%	Média	%
ARENOSO																						
0-20	300	9%	207	25%	188	23%	124	9%	190	24%	192	27%	418	21%	395	19%	134	5%	2148	15%	238,7	15%
20-40	731	23%	242	30%	352	42%	203	15%	44	6%	156	22%	286	14%	370	18%	257	10%	2641	19%	293,4	19%
40-60	448	14%	126	15%	36	4%	112	9%	45	6%	106	15%	229	12%	272	13%	143	6%	1517	11%	168,6	11%
60-80	369	12%	57	7%	0	0%	100	8%	111	14%	78	11%	160	8%	217	11%	212	9%	1304	9%	144,9	9%
80-100	243	8%	39	5%	6	1%	129	10%	45	6%	45	6%	159	8%	175	9%	338	14%	1179	8%	131,0	8%
100-120	326	10%	42	5%	38	5%	149	11%	123	16%	39	6%	141	7%	132	6%	340	14%	1330	9%	147,8	9%
120-140	209	7%	9	1%	56	7%	81	6%	125	16%	35	5%	156	8%	117	6%	294	12%	1082	8%	120,2	8%
140-160	214	7%	34	4%	85	10%	136	10%	6	1%	22	3%	186	9%	86	4%	282	11%	1051	7%	116,8	7%
160-180	161	5%	23	3%	37	4%	140	11%	30	4%	16	2%	97	5%	142	7%	181	7%	827	6%	91,9	6%
180-200	163	5%	39	5%	33	4%	136	10%	70	9%	19	3%	144	7%	126	6%	298	12%	1028	7%	114,2	7%
SOMA	3164	100%	818	100%	831	100%	1310	100%	789	100%	708	100%	1976	100%	2032	100%	2479	100%	14107	100%	1567	100%
Nº Perfilhos	13		11		15		24		17		13		11		11		11					
Área Foliar	45494		1681		22637		36965		53873		56981		45731		35920		31658					
ARGILOSO																						
0-20	185	8%	487	42%	158	36%	84	14%	108	18%	59	6%	159	8%	287	9%	202	7%	1729	12%	192,1	12%
20-40	397	18%	410	35%	170	38%	72	12%	94	16%	41	4%	239	12%	359	11%	319	11%	2101	15%	233,4	15%
40-60	236	10%	52	4%	10	2%	19	3%	66	11%	59	6%	242	12%	445	13%	242	8%	1371	9%	152,3	9%
60-80	197	9%	43	4%	0	0%	56	9%	43	7%	82	8%	244	12%	295	9%	294	10%	1254	9%	139,3	9%
80-100	223	10%	60	5%	13	3%	48	8%	27	5%	35	3%	221	11%	289	9%	324	11%	1240	9%	137,8	9%
100-120	281	12%	17	1%	18	4%	91	15%	0	0%	56	5%	261	13%	360	11%	305	10%	1389	10%	154,3	10%
120-140	272	12%	15	1%	26	6%	72	12%	0	0%	115	11%	198	10%	305	9%	283	9%	1286	9%	142,9	9%
140-160	288	13%	14	1%	21	5%	21	3%	65	11%	221	21%	168	8%	357	11%	387	13%	1542	11%	171,3	11%
160-180	135	6%	4	0%	12	3%	65	10%	97	17%	162	15%	221	11%	269	8%	336	11%	1301	9%	144,6	9%
180-200	41	2%	56	5%	15	3%	93	15%	85	15%	219	21%	83	4%	341	10%	297	10%	1230	9%	136,7	9%
SOMA	2255	100%	1158	100%	443	100%	621	100%	585	100%	1049	100%	2036	100%	3307	100%	2989	100%	14443	100%	1605	100%
Nº Perfilhos	11		15		14		29		21		14		13		13		13					
ÁreaFoliar	32628		2195		17285		43523		53101		68213		58514,9		38129		40510					

da produção final da parte aérea, conforme Tabela 16, a fitomassa seca aérea total no substrato argiloso (14,82 kg) foi 23,3% maior do que no arenoso (12,02 kg), cujo desempenho está de acordo com Taylor (1981) e Klepper (1991) onde consideram, que a distribuição dos fotoassimilados nas raízes e na parte aérea, apesar de serem controlados por fatores intrínsecos da planta, pode ser afetada por condições de ambiente, sendo no presente caso, influenciado pelo substrato argiloso, já que ambos os substratos (argiloso e arenoso) encontram-se na mesma condição climática e com o mesmo elenco varietal.

#### **5.4.2 Fitomassa seca radicial**

Os resultados da fitomassa seca radicial das variedades de cana-de-açúcar em substrato argiloso e arenoso, por ocasião da colheita da cana de primeira soca estão apresentados na Tabela 20. Verifica-se, que a fitomassa seca radicial total na variedade RB835486 no substrato argiloso apresentou valor (7,92 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato) superior em 33,3% em relação ao substrato arenoso (5,95 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). Ao contrário, a variedade RB855536 mostrou dado superior no substrato arenoso (8,1 g por 0,002862 m<sup>3</sup>) em 15,9% em relação ao argiloso (6,99 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). Na variedade SP80-1842, a fitomassa seca total de raízes apontou dados superiores no substrato argiloso (6,66 g por 0,002862 m<sup>3</sup>) de 16,6% quando comparado ao arenoso (5,71 g por 0,002862 m<sup>3</sup>).

Nas Figuras 14, 15 e 16 estão os resultados das avaliações da fitomassa seca total das raízes nos períodos de desenvolvimento da cana de primeira soca, em rizotron. Os dados indicam o desenvolvimento diferenciado entre as três variedades estudadas associada ao tipo de solo/substrato, o que está de acordo com Taylor (1981) que justifica, que durante as fases de crescimento e maturação, existe mútua dependência entre o sistema radicial e caulinar das plantas, onde ocorre intensa competição. Acrescentando, que o crescimento de ambos é bem equilibrado, no entanto, a proporção entre massa de raízes e parte aérea ou área foliar e comprimento de raízes, apresentam variações consideráveis entre espécies, genótipos de uma mesma espécie e ambiente para um genótipo específico.

TABELA 20 - Massa seca radicial três variedades de cana-de-açúcar, determinada por amostragens, extratos de 20 cm, pelo método do cilindro volumétrico, em substrato argiloso e arenoso, colheita da cana de 1ª soca (10/07/01-378 DAC), em rizotron, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, JUL/2001.

Profundidade (cm)	MASSA SECA RADICIAL (g 0,000318 m <sup>-3</sup> )					
	ARGILOSO			ARENOSO		
	RB835486	RB855536	SP80-1842	RB835486	RB855536	SP80-1842
0 - 20	1,95	0,79	1,24	1,74	1,21	1,24
20 - 40	1,01	0,85	1,02	0,48	1,02	0,90
40 - 60	1,13	0,95	0,91	0,78	1,05	0,51
60 - 80	0,70	1,07	0,57	0,57	0,87	0,61
80 - 100	0,74	0,60	0,68	0,48	1,23	0,48
100 - 120	0,38	0,53	0,39	0,44	0,70	0,48
120 - 140	0,61	0,36	0,72	0,29	0,53	0,49
140 - 160	0,69	1,35	0,49	0,63	0,52	0,50
160 - 180	0,71	0,48	0,64	0,53	0,97	0,50
SOMA (g 0,002862 m <sup>-3</sup> )	7,92	6,99	6,66	5,94	8,10	5,71
MÉDIA (g 0,000318 m <sup>-3</sup> )	0,88	0,78	0,74	0,66	0,90	0,63

Na Figura 14 temos que a variedade RB835486 produziu, durante a cana de primeira soca no substrato argiloso, a quantidade total de fitomassa seca de raízes de 45,41 g por 0,002862 m<sup>3</sup> contra 43,11 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato arenoso. Nota-se, independentemente do tipo de substrato, que por ocasião da brotação da soqueira, ocorre aumento (4,19 a 5,16 g) na produção de raízes (fitomassa seca) nos primeiros 60 dias após a colheita da cana planta (DAC), em função de que, após o corte da cana planta, o sistema antigo mantém-se ainda em atividade por algum tempo, quando tem início a sua substituição pelas raízes de novos perfilhos da soca. Cada perfilho apresenta um sistema radicial próprio, de forma que, enquanto houver emissão de perfilhos, ocorrem aumentos no volume de raízes (Bacchi, 1985; Castro, 2001b). A seguir ocorre leve decréscimo na fitomassa seca de raízes (2,14 a 3,03 g), coincidindo com o período de aumento no número de perfilhos (56 a 92DAC). Durante o período de intenso perfilhamento (92 a 161 DAC) sucede aumento na fitomassa seca (4,73 a 5,63 g). Após a fase de máximo perfilhamento (por volta de 160 DAC) até 210 DAC ocorre novamente uma tendência de decréscimo no crescimento das raízes (4,20 a 5,05 g), coincidindo com o período de diminuição no número de colmos e área foliar máxima, segundo Miocque (1999), uma das épocas de máximo crescimento aéreo. Do período de estabilização no número final de

colmos (252 DAC) até o momento da colheita (378 DAC), ocorre tendência de aumento progressivo na fitomassa radicial, culminando com a máxima quantidade de raízes tanto no substrato argiloso (7,92 g por 0,002862 m<sup>3</sup>), como arenoso (5,94 g por 0,002862 m<sup>3</sup>).

A variedade RB85536 considerada de excelente brotação de soca (Arizono et al., 2000), independente do tipo de substrato por ocasião da brotação da soqueira (Figura 15) observa-se aumento na produção de raízes nos primeiros 60 DAC, variando de 3,52 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato argiloso e de 5,93 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato arenoso. A seguir ocorre decréscimo no crescimento de raízes (variação de 2,15 a 4,41 g), coincidindo com o período de aumento no número de perfilhos (56 a 92 DAC). Durante o período de intenso perfilhamento (92 a 126 DAC) sucede aumento na fitomassa seca das raízes (3,91 a 5,79 g). Após a fase de máximo perfilhamento (por volta de 126 DAC) até 210 DAC ocorre tendência de leve acréscimo no desenvolvimento radicial (5,38 a 6,39 g), coincidindo com o período de diminuição no número de colmos e máxima área foliar. Do período de estabilização final no número de colmos (252 DAC) até o momento da colheita (378 DAC) ocorre tendência de aumento progressivo na fitomassa radicial, com o máximo crescimento de raízes por ocasião da colheita, tanto no substrato argiloso (6,99 g por 0,002862 m<sup>3</sup>) como no arenoso (8,10 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). A quantidade total de fitomassa seca de raízes no substrato arenoso (55,81 g por 0,002862 m<sup>3</sup>) foi superior em 43,03% em relação ao argiloso (39,02 g por 0,002862 m<sup>3</sup>).

A variedade SP80-1842 na fase inicial de desenvolvimento da cana de primeira soca até 56 DAC (período de aumento na brotação de perfilhos), verifica-se na Figura 16, aumento na produção inicial de raízes com 4,71 g e 4,78 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato argiloso e arenoso, respectivamente. Posteriormente, sucede diminuição no crescimento radicial até 92 DAC (variando de 2,41 a 3,06 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). Da época de intenso perfilhamento (92 a 126 DAC) ocorre aumento no desenvolvimento radicial (4,67 a 4,88 g). Após o período de máximo perfilhos (126 DAC) até o período de diminuição dos perfilhos (210 DAC) sucede tendência de decréscimo na fitomassa radicial (3,20 a 3,55 g). A seguir acontece no argiloso a tendência de aumento na produção radicial até 316 DAC (fase de

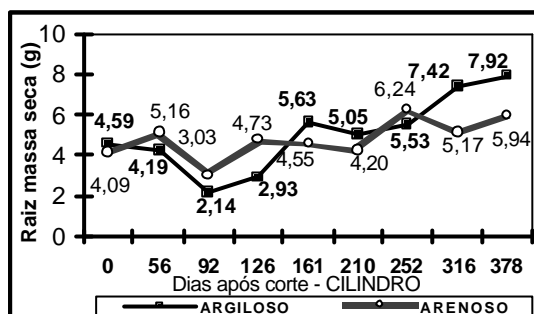


FIGURA 14 - Massa seca radicial da variedade RB835486, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

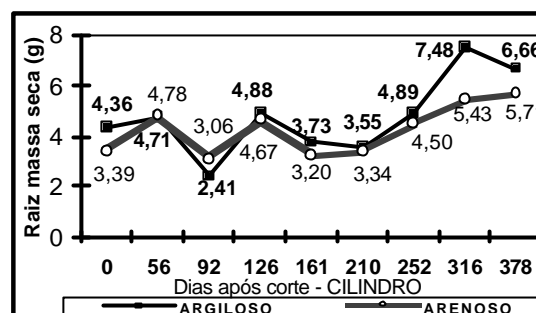


FIGURA 16 - Massa seca radicial da variedade SP80-1842, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

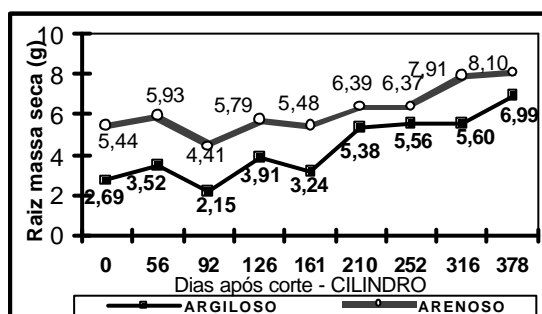


FIGURA 15 - Massa seca radicial da variedade RB855536, método do cilindro volumétrico, em rizotron, em cana 1ª soca, 2000/01, SCA - UFPR.

estabilização final de colmos industrializáveis), com a máxima produção da fitomassa seca (7,48 g) para no momento da colheita (378 DAC) diminuir a produção de raízes (6,66 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). No substrato arenoso ocorre tendência de aumento progressivo na produção de raízes do período de 210 a 378 DAC, ocorrendo na colheita (378 DAC) a máxima quantidade de fitomassa seca (5,71 g por 0,002862 m<sup>3</sup>). A quantidade total de fitomassa seca de raízes no substrato



argiloso (42,27 g por 0,002862 m<sup>3</sup>) foi superior em 10,9% comparado ao arenoso (38,09 g por 0,002862 m<sup>3</sup>).

Observa-se nas Figuras 14, 15 e 16 independente da variedade e do tipo de substrato, tendência geral de decréscimo na quantidade total de raízes por volta dos 92 DAC, como suposição, em função da desativação ou morte do sistema radicial da cana planta. Hipótese que pode ser justificada segundo Bacchi (1985), que comenta, que após o corte da cana planta, o sistema radicial antigo mantém-se em atividade por algum tempo, quando tem início a sua substituição pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira. Essa substituição é lenta e gradual, ocorrendo um período onde o sistema radicial antigo atua concomitantemente com o novo sistema em formação. Aguiar (1978), demonstrou que a cana não forma um sistema radicial definitivo, há alternância de raízes vivas e mortas durante o ciclo da cultura. A outra fase de decréscimo na produção de raízes ocorre por volta de 210 a 252 DAC, conforme a variedade, período coincidente com a diminuição e estabilização do número de colmos finais, que pode ser explicado, talvez, em função da morte do sistema radicial respectivo dos perfilhos perecidos, somados com a morte das raízes da cana planta.

## 5.5 RELAÇÕES ENTRE RAÍZES E PARTE AÉREA

Na Tabela 21 observamos os resultados da fitomassa seca determinada da parte aérea (obtida pela pesagem da fitomassa verde total aérea colhida e teor de umidade obtida no laboratório) e fitomassa seca calculada das raízes (calculada através das amostras obtidas pelo método do cilindro volumétrico de 0,000318 m<sup>3</sup> de solo, por janela (compartimento) do rizotron (0,25 x 1,00 x 1,80 m), por ocasião da colheita da cana de primeira soca (10/07/2001).

Observa-se, que as variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842 apresentam maior produtividade da fitomassa seca aérea no substrato argiloso. A RB835486 com a produção total de fitomassa aérea no substrato argiloso de 16,05 kg foi 1,33 vezes maior do que no substrato arenoso (12,06 kg), teve a relação raízes : parte aérea (RA/PA) com 7,76% (argiloso) e 7,74% (arenoso), com 60,5% do sistema radicial (0,7532 kg) distribuídas nos primeiros 80 cm superficiais do

substrato argiloso e 60,1% no arenoso (0,5610 kg), semelhante à cana planta demonstrando a adaptação do sistema radicial desta variedade tanto em solo argiloso como arenoso, mesmo tendo apresentado melhor eficiência na produtividade aérea no argiloso(16,05 kg).

TABELA 21 - Massa seca determinada parte aérea e calculada das raízes (método do cilindro volumétrico) de cana-de-açúcar, por janela (0,25 x1,00 x 1,80 m), dois substratos (argiloso e arenoso), em rizotron, colheita da cana de 1ª soca, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, JUL/2001.

Variedade	Substrato	Massa Seca		Relação RA/PA <sup>1</sup>	M.S. Raízes		Raízes 0 - 80 (cm)
		Parte aérea	Raízes		(0-80)	(80-180)	
		_kg/janela (0,45 m <sup>3</sup> substrato)_		%	_____kg/camada_____		%
RB835486	Argiloso	16,05	1,2456	7,76	0,7532	0,4925	60,5
	Arenoso	12,06	0,9335	7,74	0,5610	0,3725	60,1
RB855536	Argiloso	14,32	1,0983	7,67	0,5767	0,5216	52,5
	Arenoso	8,99	1,2742	14,17	0,6531	0,6211	51,3
SP80-1842	Argiloso	14,83	1,0472	7,06	0,5881	0,4591	56,2
	Arenoso	12,02	0,898	7,47	0,5117	0,3863	57,0

RA/PA = Raízes : Parte Aérea

A variedade RB855536 em cana de primeira soca apresentou produtividade total da fitomassa aérea, no substrato argiloso (14,32 kg) de 1,59 vezes a do arenoso (8,99 kg), revelando menor relação RA/PA com 7,67% (argiloso) e 14,17% (arenoso), com 52,5% das raízes (0,5767 kg) distribuídas nos primeiros 80 cm do substrato argiloso, comparado a 51,3% (0,6531 kg) no arenoso, mostrando, que apesar de 1,16 vezes maior quantidade de raízes produzidas no substrato arenoso (1,2742 kg) em relação ao argiloso (1,0983 kg), não propiciou aumento na produtividade aérea, ao contrário, no substrato argiloso com menor sistema radicial no momento da colheita apresentou maior produção da fitomassa seca da parte aérea (14,32 kg), demonstrando a exigência em fertilidade de solo desta variedade. Mostrando também, que por ocasião da colheita da cana de primeira soca, tanto em substrato argiloso como arenoso, apesar da leve concentração de raízes nas

camadas mais superficiais, apresentou distribuição uniforme em profundidade (47,4 a 48,7 % das raízes).

A variedade SP80-1842 em cana de primeira soca teve desempenho diferenciado da cana planta, produzindo no substrato argiloso, quantidade superior de fitomassa seca aérea (14,83 kg) com maior quantidade de raízes (1,0472 kg), com uma relação RA/PA de 7,06% e estando 56,2% das raízes situadas nos 80 cm superficiais. No arenoso apresentou menor produção da fitomassa aérea (12,02 kg) como da fitomassa radicial (0,898 kg) apresentando uma relação RA/PA de 7,47% e mostrando, que 57% das raízes localizadas nos 80 cm superficiais. Estes resultados também, revelam a exigência em fertilidade de solo desta variedade em cana de primeira soca, obtendo maior produtividade aérea no substrato argiloso (14,83 kg).

Verificam-se nas Tabelas 12 (colheita da cana planta–Capítulo I) e 21 (colheita da primeira soca-Capítulo II) independente da variedade e do tipo de substrato, tendência na cana de primeira soca, de concentração do sistema radicial nas camadas superficiais, bem como aumento na relação raízes : parte aérea na cana de primeira soca em relação à cana planta, indicativo de maior quantidade de raízes na cana soca em relação a cana planta.

## **5.6 QUANTIDADE DE RAÍZES NA CANA PLANTA E CANA SOCA**

Na Tabela 22 verifica-se, que as leituras totais de comprimento de raízes apresentam tendência geral de maiores valores totais do sistema radicial na cana de primeira soca em relação à cana planta independentemente, da variedade e do tipo de substrato. Considerando o comprimento total de raízes no momento da colheita, temos superioridade de 1,23 a 4,92 vezes na quantidade de raízes na cana de primeira soca em comparação a cana planta. Em termos de comprimento radicial total durante todo o ciclo da cana soca temos de 1,36 a 1,97 vezes mais raízes, do que na cana planta, cujo desempenho está de acordo com Ball-Coelho et al. (1992), que em condições de campo e minirizotron, relataram a maior quantidade de raízes na soca diferentemente, de Humbert (1974) e Fernandes (1979) onde comentam, que o sistema radicial da soqueira é menos desenvolvido que na cana planta.

TABELA 22- Comprimento total de raízes (cm), em rizotron, metodologia do decalque, em superfície de 2 m<sup>2</sup> (1,0 x 2,00 m), na colheita da cana planta e da primeira soca, Estação Experimental de Paranavaí, SCA–UFPR, 2000/2001.

VARIEDADE	SUBSTRATO	CANNA PLANTA		CANNA 1 <sup>a</sup> SOCA	
		TOTAL COLHEITA	TOTAL CICLO	TOTAL COLHEITA	TOTAL CICLO
	<b>Argiloso</b>	1081	8752	3495	13615
RB835486	Arenoso	3055	8868	3770	12017
	Argiloso	1034	8167	5084	14345
RB855536	Arenoso	3367	9787	4647	19305
	Argiloso	2255	9141	5015	14443
SP80-1842	Arenoso	3164	8697	4479	14107

Nota: **TOTAL COLHEITA** = comprimento total por ocasião da colheita; **TOTAL CICLO** = comprimento total de raízes durante o ciclo.

Nas Figuras 14, 15 e 16 independente da variedade e do tipo de substrato, verifica-se maior quantidade de fitomassa seca total por ocasião da colheita da cana de primeira soca (julho/2001), com variações de 5,71 a 8,10 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato comparado a fitomassa seca total na colheita da cana planta (junho/2000), variando de 2,69 a 5,44 g por 0,002862 m<sup>3</sup> de substrato também, indicando com isso, a maior quantidade de raízes na cana de primeira soca em relação à cana planta, o que está de acordo com os resultados obtidos em condições de campo, por Korndörfer et al. (1989), avaliando cana soca com idade de 4,5 meses, obteve conforme a variedade estudada variação na relação RA/PA de 8,7 a 13,1%. Encontrando maior relação RA/PA na cana soca comparada a cana planta, talvez devido à época de amostragem, realizada aos 4,5 meses de idade, com grande possibilidade de haver resíduo do sistema de raízes da cana planta. Ball-Coelho (1992), encontrou fitomassa seca total de raiz e comprimento total de raiz viva maior, durante o ciclo de cana soca em relação ao ciclo da cana planta. Igualmente Vasconcelos (2002) cita, que o desenvolvimento do sistema radicial é

típico para cada variedade tanto em quantidade como em arquitetura e distribuição no perfil do solo e, que existe crescimento acumulativo do crescimento radicial durante os ciclos da cultura da cana planta para as socas sucessivas sendo, que a morte ou a renovação do sistema radicial não são causadas pela colheita da cultura e sim pela deficiência hídrica, independente da fase de desenvolvimento.

## 5.7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- O substrato influencia o desenvolvimento das variedades, nas suas características agronômicas e tecnológicas, do sistema radicial e na relação raiz : parte aérea;

- As variedades RB835486, RB855536 e SP80-1842, apresentam no substrato argiloso melhor desenvolvimento nas características agronômicas, entretanto nas características tecnológicas o melhor desempenho é no arenoso;

- As variedades RB835486 e SP80-1842 apresentam no substrato argiloso maior quantidade e massa seca total de raízes, enquanto a variedade RB85536 demonstra no substrato arenoso;

- A quantidade de raízes no ciclo total da cana de primeira soca é maior do que da cana planta;

- A relação raiz : parte aérea é maior na variedade RB835486 no substrato argiloso, enquanto as variedades RB85536 e SP80-1842 apresentam maior relação no substrato arenoso.

- Independente da variedade e do substrato ocorre desenvolvimento radicial em todo o perfil do substrato, com concentração de raízes na camada superficial e uniformidade na distribuição nas demais camadas.

- Ocorrem quatro fases importantes na relação raiz : parte aérea: ).1) em torno de 60 DAC - (dias após corte); 2) 126 a 161 DAC; 3) entre 210 a 316 DAC; 4) época de colheita (produção final radicial e caulinar).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rizotron é uma construção que permite a avaliação do crescimento e desenvolvimento do sistema radicial das plantas, com determinações sucessivas na mesma planta em intervalos de tempo, sem destruí-las, porém em função da limitação de repetições, os resultados obtidos são tendências observadas diretamente no desenvolvimento do sistema radicial e caulinar das plantas.

Observou-se, que tanto na cana planta como cana de primeira soca, a mortalidade dos colmos coincidem com o período em que a área foliar aumenta rapidamente, sugerindo que, além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação da queda acentuada do número de colmos.

A metodologia do decalque para estudos de raízes, apesar de não fornecer a estimativa da densidade de raízes por volume de solo/substrato, permite observar o crescimento e a distribuição espacial horizontal e vertical das raízes. A intensidade das raízes na interface pode ser determinada rapidamente, podendo plantas serem manejadas mais facilmente, do que se estas fossem destruídas em cada período de amostragem, em processos convencionais de leitura.

A expansão e contração do substrato argiloso nos compartimentos do rizotron causaram algumas dificuldades na observação das raízes, em função de algumas raízes não serem observadas claramente durante a infiltração da água por irrigação e/ou precipitação. Estas raízes foram cobertas por uma fina camada de barro, desaparecendo da janela de observação e assim não puderam ser copiadas corretamente. Nenhum efeito foi notado no substrato arenoso.

Os valores obtidos das principais características agronômicas e tecnológicas da parte aérea, da cana planta como da primeira soca, em rizotron, são semelhantes aos já relatados em literatura, em condições de campo, sendo a quantidade final e altura dos colmos industrializáveis, os fatores determinantes na produtividade agrícola da cana-de-açúcar.

Em função dos resultados obtidos e visando minimizar o efeito das amostragens no desenvolvimento radicial, em rizotron ou pela dificuldade de amostragens em condições de campo, podemos sugerir: a)- em rizotron, além da

diminuição nas épocas de amostragens, realizar, juntamente com a coleta lateral amostragem no sentido central da linha da touceira; b)- em rizotron como à campo, nas avaliações, seguir as quatro fases importantes na relação raiz : parte aérea. Na cana planta: 1) por volta de 125 DAP- (dias após plantio), período de aumento no número de perfilhos e crescimento radicial; 2) cerca de 188 DAP, período de perfilhamento máximo e diminuição na quantidade radicial; 3) entre 294 a 354 DAP, fase de diminuição e estabilização no número final de colmos, associado com maior área foliar e aumento no crescimento radicial; 4) época da colheita, produção final caulinar e radicial. Na cana soca: 1) em torno de 60 DAC – (dias após corte), período de brotação da soqueira e aumento inicial na produção radicial; 2) 126 a 161 DAC, fase de perfilhamento máximo e diminuição na quantidade radicial; 3) entre 210 a 316 DAC, período de diminuição e estabilização no número final de colmos, crescimento aéreo e máxima área foliar, com máxima quantidade radicial; 4) época de colheita, produção final caulinar e radicial. O padrão de desenvolvimento radicial tanto da cana planta como da cana soca, pode variar apenas na duração de cada fase, em razão das variações de cada ambiente e características varietais.

Levando em conta custo, precisão e tempo de análise, sugerimos que as futuras pesquisas também fossem executadas a partir de imagens digitalizadas dos perfis, podendo determinar o comprimento, a distribuição e a área ocupada pelas raízes.



## 7 REFERÊNCIAS

- 1 ABAYOMI, Y.A. Effect of soil type and crop cycle on root development and distribution pattern of a commercial sugarcane cultivar under normal irrigation and field conditions at Bacita Estate, Nigeria. **Turrialba**, San Jose, v.39, n.1, p.78-84, 1989.
- 2 AGUIAR JUNIOR, M.F. **Observações sobre sistema radicular de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Jaboticabal: 1976. 25p. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, UNESP).
- 3 AGUIAR, S.F. **Observações sobre sistema radicular de cana planta (*Saccharum spp.*)**. Jaboticabal: 1978. 24p. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, UNESP).
- 4 ALMARAS, R.R.; KRAFT, J.M.; MILLER, D.E. Effects of soil compaction and incorporated crop residue on root health. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.26, p.219-243, 1988.
- 5 ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1069-1079, 1999. (Suplemento)
- 6 ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.653-659, 2000.
- 7 ARIZONO, H.; GHELLER, A.C.A.; MASUDA, Y.; HOFMANN, H.P.; BASSINELLO, A.I.; MATSUOKA, S.; GIGLIOT, E.A.; MENEZES, L.L. **Guia das principais variedades de cana-de-açúcar RB 2000**. Araras: UFSCar, 2000. 16p.
- 8 ATKINSON, D.; MACKIE-DAWSON, L. Root growth: Methods of measurement. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C.E. (Ed.) **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Decker, Inc., 1991. Cap. 11, p. 447-509.
- 9 AVILAN, R.L.; GRANADOS, M.F.; ORTEGA, D. Estudio del sistema radicular de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en un mollisol de los Valles de Arague. **Agronomía Tropical**, Maracay, v.27, n.1, p.69-87, 1977.
- 10 AVILAN, R.L.; MENESES, L. Sistema radical de la caña de azúcar 'V58-4' a los seis y doce meses de edad en un suelo del orden Mollisol del Estado Portuguesa. **Turrialba**, San Jose, v.30, n.2, p.203-208, 1980.

- 11 BACCHI, O.O.S. **Ecofisiologia da cana-de-açúcar.** Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1985. 20p.
- 12 BALIEIRO, J.M. Evolução do perfilhamento em três variedades comerciais de cana-de-açúcar (em função da época de corte). **Álcool e Açúcar**, São Paulo, n.80, p. 24-31, jun./jul. 1995.
- 13 BALL-COELHO, B.; SAMPAIO, E.V.S.B.; TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. Root dynamic in plant ratoon crops of sugar cane. **Plant and Soil**, The Netherlands, v.142, p.297-305, 1992.
- 14 BARAN, R.; BASSEREAU, D.; GILLET, N. Measurement of available water and root development on an irrigated sugar cane crop in the Ivory Coast. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Durban: Hayne & Gibson, 1974, v. 2, p. 726-735.
- 15 BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach.** New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.
- 16 BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.): um modelo matemático fisiológico de estimativa.** Piracicaba, 1993, 142p. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 17 BARBIERI, J.L.; POLI, D.M.; DONZELLI, J.L. Compactação e descompactação de solo em áreas de reforma de canaviais. **Boletim Técnico COPERSUCAR**, São Paulo, n. 25, p. 14-20, jan. 1984.
- 18 BASSINELLO, A.I.; OLIVEIRA, F.F.S.; VELHO, P.; MATSUOKA, S. **Manejo varietal em cana-de-açúcar.** Araras: IAA/PLANALSUCAR, Coordenadoria Regional Sul, 1980. 34p. (Curso de Gerente Agrícola). Apostila.
- 19 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.
- 20 BÖHM, W. **Methods of studying root systems.** Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188p.
- 21 BOUMA, J.T.; NIELSEN, K.L.; KOUTSTAAL, B. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, The Netherlands, n. 218, p. 185-196, 2000.

- 22 BROWN, D.A.; SCOTT, H.D. Dependence of crop growth and yield on root development and activity. In: BARBER, S.A.; BOULDIN, D.R. (Ed.) **Roots, nutrient and water influx, and plant growth**. Madison, Soil Science Society of America; Crop Science Society of America; American Society of Agronomy, 1984. p.101-136.
- 23 BURR, G.O.; HARTT, C.E.; BRODIE, H.W.; TANIMOTO, T.; KORTSCHAK, H.P.; TAKAHASHI, D.; ASHTON, F.M.; COLEMAN, R.E. The sugarcane plant. **Annual Review Plant Physiology**, Stanford, v.8, p.275-308, 1957.
- 24 CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, S.S. A rizosfera. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.) **Microbiologia dos solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. P.41-57.
- 25 CARNEIRO, A.E.V., TRIVELIN, P.C.O., VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52(2), p.199-209, 1995.
- 26 CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.
- 27 CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, STAB, 2001a 1 CD-ROM.
- 28 CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, STAB, 2001b 1 CD-ROM.
- 29 CASTRO, P.R.C. Efeitos da luminosidade e da temperatura na fotossíntese e produção e produção e acúmulo de sacarose e amido na cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.20, n.5, p.32-33, 2002.
- 30 CESAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P.; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana planta), visando o processo industrial. **STAB**, Piracicaba, v.6, p.32-38, 1987.
- 31 CLEMENTS, H.F. **Sugar cane crop logging and crop control: principles and practices**. Hawaii: The University Press of Hawaii, 1980. 520p.
- 32 CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago: Aldine, 1968. 304p.
- 33 COCK, J.H. Sugarcane growth and development. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, PIRACICABA. **Anais...** Piracicaba, STAB, 2001. 1 CD-ROM.

- 34 CODY, M.L. Roots in Plant Ecology. **Tree**, n.1, p.76-78, 1986.
- 35 COMIN, J.J. **Incidences de la toxicite aluminique sur la morphologie racinaire, la producion de biomasse et quelques aspects physiologiques chez le maïs (*Zea mays L.*)**. Etudes réalisées au champ, en rhizotron et en solution hydroponique. Rennes: 1996. 154p. Tese (Doutorado em Biologia e Agronomia) – Departement Sciences Biologiques et Agronomiques, Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes, France.
- 36 COPERSUCAR. **Quarta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar**. Piracicaba, 1993. 16p. (Boletim Técnico Copersucar). Edição Especial.
- 37 COPERSUCAR. **Amostragem e análise de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CTC, 1980. 37p.
- 38 COSTA LIMA, J.M.J. **Alterações de propriedades de solos cultivados com cana-de-açúcar**. Piracicaba: 1995. 170p. Tese (Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).
- 39 DAROS, E.; IDO, O.T.; WEBER, H.; ZAMBON, J.L.C.; JUSTI JUNIOR, J. Avaliação do maturador Moddus (Etil-trinexapac), no crescimento e distribuição radicular, em cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), variedade RB855536, em condições de rizotron. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., Recife, 2002. **Anais...** São Paulo, STAB, 2002. p.468-76.
- 40 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR., P.; ZANETTE, F.; ZAMBON, J.L.C. Crescimento e desenvolvimento radicular de trigo em Rizotron. I. Efeitos da saturação de alumínio nos cultivares Anahuac, PG.1 e IAC 5 - Maringá. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.10, n.1 e 2, p.131-135, 1988a.
- 41 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR., P.; ZANETTE, F.; PISSAIA, A. Crescimento e desenvolvimento radicular de trigo em Rizotron. II. Efeitos da saturação de alumínio nos cultivares trigo Tifton e BR 14 e no cultivar de triticales IAPAR 13 - Araucária. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.10, n.1 e 2, p.137-141, 1988b.
- 42 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR., P.; ZANETTE, F.; DENKE, N.N. Crescimento e desenvolvimento radicular de trigo em Rizotron. III. Efeitos da saturação de alumínio nos cultivares Ocepar 7 - Baturá e CEP 11. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.10, n.1 e 2, p.143-149, 1988c.
- 43 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR., P.; ZANETTE, F.; FURIHATA, K.R. Crescimento e desenvolvimento radicular de trigo em Rizotron. IV. Efeitos da saturação de alumínio no cultivar de trigo BR23 e de triticales IAPAR 22 - Arapotí. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.10, n.1 e 2, p.151-155, 1988d.

- 44 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR, P. Crescimento e desenvolvimento radicular do girassol em Rizotron. II. Efeitos da saturação de alumínio nos genótipos GR 10, GR 16 e GR 18. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.65.
- 45 DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR, P.; ZAMBON, J.L.C. Crescimento e desenvolvimento radicular de girassol em Rizotron. II. Efeitos da saturação de alumínio nos genótipos BRG-82-2000, C711 e DK 180. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico. 1993. p.63.
- 46 DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C; WEBER, H.; IDO, O.T.; GRACIANO, P.A.; ZANETTE, F. Desenvolvimento e distribuição de raízes de diferentes culturas, em condições de rizotron, no Paraná. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.167-178.
- 47 DIAS, F.L.F. **Relação entre produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na região noroeste do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1997, 64p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 48 DIAS, F.L.F.; MAZZA, J.A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULLE, R.F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n.3, p.627-634, 1999.
- 49 DILLEWIJN, C.Van. **Botany of Sugarcane.** Waltham:The Chronica Botanica, 1952. 371p.
- 50 DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Tradução de GHEYI, H. R; SOUSA, A.A.; DAMASCENO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F.. Campina Grande: UFPB, 1994. p.220-226. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33)
- 51 EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ.) **Sistema brasileiro de classificação de solos.** – Brasília: Embrapa Produções de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.
- 52 FERNANDES, J. **A subsolagem no controle da compactação do solo na cana-soca (*Saccharum ssp*) variedade CB 41-76 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular.** Piracicaba: 1979. 157p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- 53 FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Influência da compactação do solo no comportamento da cana-soca. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1981. v.3, p.598-608.
- 54 FERNANDES, J. Observações sobre o sistema radicular da cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**. São Paulo, v.5, n.23, p.51-52, jul./ago. 1985.
- 55 FERNANDES, J.; RIPOLI, T.C.; MILAN, M. Mobilização do solo nas soqueiras da cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**. São Paulo, v.4, n.4, p. 18-23, jan./fev. 1984.
- 56 FURLANI NETO, V.L; RIPOLI, T.C.; VILA NOVA, N.A. Biomassa de cana-de-açúcar energia contida no palhicho remanescente de colheita mecânica. **STAB**, Piracicaba, v.15, n.4, p.24-27, 1997.
- 57 GASCHO, G.J., SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D., PEET, M.M. **Crop-water relations**. New York: John Wiley, 1983. Cap. 14, p.445-479.
- 58 GAVA, G.J.C. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1347-1354, 2001.
- 59 GLASZIOU, K.T.; BULL, T.A.; HATCH, M.D.; WHITEMAN, P.C. Physiology of sugar cane. VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v.18, p.53-66, 1965.
- 60 GOLDEN, L.E. Yield and nutrient element content of roots and below-ground stubble as related to fertilization of sugarcane and soil variation. In: AMERICAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS. Meetings, 1973. **Proceedings...** S. l., 1974. v.3, p.116-119.
- 61 GOSNELL, J.M. Some effects of increasing age in sugarcane growth. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Amesterdam: Elsevier, 1969. p.499-513.
- 62 GUIMARÃES, M.F.; BALBINO, L.C.; MEDINA, C.C.; RIBEIRO, A.M.A.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J. A metodologia do perfil cultural e o enraizamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBSCS, 1997. CD-ROM.
- 63 HART, C.E. Light and translocation  $^{14}\text{C}$  in detached blades on sugar-cane. **Plant Physiology**, Madison, v.40, p.718-724, 1965.
- 64 HART, C.E; BURR, G.O. Factors affecting photosynthesis in sugar cane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1967. p.590-609.

- 65 HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.5, p.32-34, 1999.
- 66 HERMANN, E.R. **Desempenho vegetativo e produtivo de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a doses de calcário e de gesso**. Piracicaba, 1997. 72p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 67 HUCK, M.G.; KLEPPER, B.; TAYLOR, H.M. Diurnal variations in root diameter. **Plant Physiology**, Rockville, n.45, p.529-530, 1982.
- 68 HUCK, M.G.; TAYLOR, H.M. The rhizotron as a tool for root research. **Advances in Agronomy**, New York, v.35, p.529-530, 1980.
- 69 HUDSON, J.C. Available soil water and sugarcane growth and transpiration. In: CONGRESS OF THE ISSCT. 13., Taipei, 1968. **Proceedings...** Amesterdam: Elsevier, 1969. p.484-498.
- 70 HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. México: Companhia Editora Continental S.A., 1974. 719p.
- 71 INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co 190, em solo tipo terra-roxa legítima. **Bragantia**. Campinas. v.16. n.1. p.11-13, out. 1957.
- 72 IRVINE, J.E. Estimating the Total Leaf Area in Sugarcane Varieties. In: Congress American Society of Sugar Cane Technologists. **Proceedings...** 1973. v.3, p.121-123.
- 73 IRVINE, J.E. Sugarcane. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIROMENTS. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 1983. p.361-381.
- 74 IRVINE, J.E.; BENDA, G.T.A. Sugarcane spacing. II. Effects of inter and intrarow spacing on the plant. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980. **Proceedings...** Manila, 1980. p.357-375.
- 75 JORGE, L.A.C. Descrição detalhada de trincheira com produção de imagem para uso do SIARCS®. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.255-268.
- 76 KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KADAFKI, V., (Ed.) **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Decker, 1991. p.265-286.

- 77 KOFFLER, N.E. **A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. 12p. (Informações Agronômicas, 33)
- 78 KÖPKE, U. Methods for studying root growth. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (Ed.) **THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZIL AGRICULTURE**. 1980, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1981, p. 302-318.
- 79 KORNDÓRFER, G.H., PRIMAVESI, O., DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v.47,p.32-36, 1989.
- 80 KRUTMAN, S. **Observações preliminares do sistema radicular de cana POJ 2878 e Co 331 em solo de baixada (várzea)**. Recife: Instituto Agrônomo do Nordeste. 1956. 10 p. (Boletim Tecnológico n.3)
- 81 LACHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Paulo: RiMa, 2000, 531p. (p.44). Original alemão.
- 82 LEE, H.A. The distribution of the roots of sugar cane in the soil in the Hawaii Islands. **Plant Physiology**. v.1, p.363-378, 1926.
- 83 LEME, E.J.A.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar. **Cadernos Planalsucar**, Piracicaba, n.2, p.3-22, 1984.
- 84 LEME, E.J.A.; SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Consumo de água da cana-de-açúcar irrigada por sulcos de infiltração. **Saccharum**, São Paulo, n.18, p.29-43, 1982.
- 85 LIBARDI, P.L.; JONG VAN LIER, Q. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: **WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS**, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.47-56.
- 86 LIMA JÚNIOR, M.A. **Nitrogen nutrition of sugarcane in NE. of Brazil**. Saskatoon, 1982. 172p. Tese (Doutorado) – University of Saskatchewan.
- 87 LUCCHESI, A.A. Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CASTRO, P.R.C. e KLUGE, R.A. (Coord.) **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dedeizeiro e oliveira**. – Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001, p.13-45.
- 88 MACHADO, E.C. **Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria seca na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Campinas, 1981. 115p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia/ UNICAMP.



- 89 MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p.56-87.
- 90 MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.9, p.1323-29, 1982.
- 91 MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; PAES CAMARGO, M.B.; FAHL, J.I. Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.44, p.229-238, 1985.
- 92 MACHADO, E.C.; SANTOS, B.G.; PAES CAMARGO, M.B.; BARBIERI, V.; MAGALHÃES, A.C.N. Análise de crescimento de duas variedades de cana-de-açúcar com e sem irrigação. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE LATINO-AMERICANA DE FISILOGIA VEGETAL, 9., 1983, Viçosa. **Resumos...** Viçosa, UFV, 1983. p.42.
- 93 MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar**. In: CURSO DE QUALIFICAÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS - Cana-de-açúcar. Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34p. (Apostila).
- 94 MATSUOKA, S. Dinâmica foliar em cana-de-açúcar e sua relação com o acúmulo de fitomassa. **STAB**, Piracicaba, v.19, n.1, p.24, 2000.
- 95 MATSUOKA, S.; ARIZONO, H.; BASSINELLO, A.I.; GARCIA, A.A.F.; GHELLER, A.C.A.; GIGLIOTI, E.; HOFFMANN, H.P.; MASUDA, Y. **Seis novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Araras : UFSCar, 1998. 24p.
- 96 MATTA, F.M. Mecanismos fisiológicos associados ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.19-45.
- 97 MAULE, R.F.; MAZZA, J.A.; MARTHA JR., G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e época de colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, 2001.
- 98 McLEAN, F.G.; McDAVID, C.E.; SINGH, Y. Preliminary results of net assimilation rate studies in sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 13., 1968, Taipei **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1969. p.849-858.
- 99 McMICHAEL, B.L.; TAYLOR, H.M. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons. In: TAYLOR, H.M. (Ed.) **Minirhizotron observation tubes: Methods and applications for measuring rhizosphere dynamics**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1987. p.01-13.

- 100 MEDINA, C.C.; NEVES, C.S.V.J. Método da trincheira com contagem manual de raízes. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.275-282.
- 101 MEDINA, E.; SAN JOSE, J.J; SEQUERA, P.E. Análisis de la productividad en caña de azúcar. II. Intercepción de luz y distribución vertical del área foliar en caña de azúcar var. 'PR 980'. **Turrialba**, San Jose, v.20, p.302-306, 1970.
- 102 MELLO IVO, W.M.P. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo de tabuleiro costeiro. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.101-114.
- 103 MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-de-açúcar na região de Araraquara – SP. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.4, p.45-47, 1999.
- 104 MOHAN-SINGH; AGRAWAL, M.P. Chemical composition of sugarcane roots and its role in sugarcane ratoons. **Indian-Sugar**, New Delhi, v.38, n.3, p.293-296, 1984.
- 105 MONGELARD, JE. The effect of different water regimes on the growth of two sugar cane varieties. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 13, Taipei, 1968. **Proceedings**. Amsterdam: Elsevier, 1969, p.643-651.
- 106 MUNDSTOCK, C.M. Bases fisiológicas para aumentar o rendimento do milho no sul do Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 2, 1999, Lages, SC. **Resumos...**Lages: UDESC - CAV, 1999, p.31-33.
- 107 NEGI, O.P.; NAITHANI, S.P.; PODDAR, S. Root studies of outstanding sugar cane varieties of Bihar, India. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., 1971, New Orleans. **Proceedings...** Baton Rouge, Franklin Press. 1972. p.733-738.
- 108 PAZ-VERGARA, J.E; VASQUEZ, A.; IGLESICS, Y.W.; SEVILLA, J.C. Root development of the sugarcane cultivars H32-8560 and H57-5174, under normal conditions of cultivation and irrigation in Chicama Valley. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., 1980, Manila. **Proceedings...** Manila, 1980. v.1. p.534-540.
- 109 PENATTI, C.P. **Uso de ácido fosfórico ou superfosfato triplo como fonte de fósforo para a cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, 1991. 105p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- 110 PISSAIA, A. **Avaliação da eficiência de três técnicas de fertilização do solo a campo e rizotron, sobre o rendimento econômico e desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.)**. Curitiba: UFPR, 1997. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 111 PRADO, A.P.A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da densidade de plantio**. Piracicaba, 1988. 69p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 112 RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**. v.185, n.4, p.249-258, 2000.
- 113 ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1984. 154p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 114 ROGERS, W.S. The East Malling root-observation laboratories. In: WHITTINGTON, W.J. (Ed.). **Root growth**. London: Butterworth, 1969. p.361-376.
- 115 RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; ZANETTE, F. Efeitos da acidez e do baixo nível de fósforo no desenvolvimento radicular do feijão em Rizotron. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.9, p.33-37, 1987.
- 116 ROSENFELD, U.; LEME, E.J.A. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão. Estudos de época de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo, STAB, 1984. p.77-84.
- 117 ROSOLEN, C.A. Interpretação de análise de solo e desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 1994, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOPRAL SUCRESP/ALCOPLAN. 1994. p.53-73.
- 118 ROSTRON, H. Radiant energy interception, root growth, dry matter production and apparent yield potential of two sugar-cane varieties. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Durban, Hayne & Gibson, 1974. p.1001-1010.
- 119 SALATA, J.C.; ARMENE, J.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Influência do tipo de sulcador no desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba. v.5. n.4. p.12-18, mar./abr. 1987.

- 120 SAMPAIO, E.V.S.; SALCEDO, J.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III. Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, p.425-431, 1987.
- 121 SAN JOSE, J.J.; MEDINA, E. Análisis de la productividad de caña de azúcar. I. Crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar 'PR 980'. **Turrialba**, San. Jose, v.20, p.143-148, 1970.
- 122 SILVA, M.A.; BRINHOLI, O. Estudo da diferenciação de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) pela absorção de fósforo e de potássio. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais...**, 1993. p. 61-64.
- 123 SILVA, P.C.; STRINI J.R., A.E. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA COPERSUCAR,6., 1994, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba, COPERSUCAR, 1994. p.57-66.
- 124 SILVEIRA, J.A.G. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K/N em cana-de-açúcar cv. NA56-79 cultivada em solução nutritiva**. Piracicaba, 1980, 95p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 125 SILVEIRA, J.A.G. **Integração entre assimilação de nitrogênio e o crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) cultivada em condições de campo**. Piracicaba, 1985. 152p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 126 SILVEIRA, J.A.G.; CROCOMO, O.J. Biochemical and physiological aspects of sugar-cane (*Saccharum* spp.). I. Effects of NO<sub>3</sub> - nitrogen concentration on the metabolism of sugars and nitrogen. **Energ. Nucl. Agric.**, Piracicaba, v.3, p.19-33, 1981.
- 127 SMITH, J.P.; LAWN, R.J.; NABLE, R.O.; HOGARTH, D.M. Investigations into the root: shoot relationship of sugarcane, and some implications for crop productivity in the presence of sub-optimal soil conditions. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 1999, Townsville, Queensland, Australia. **Proceedings...** Brisbane, PK Editorial Services, 1999. p.108-113.
- 128 SOILEAU, J.M.; MAYS, D.A.; KHASAWNEH, F.E.; KILMER, V.J. The rhizotron-lysimeter research facility at TVA, Muscle Shoals, Alabama. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, p.828-832, 1974.
- 129 SOUSA, J.A.G.C. **Efeito da tensão da água do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. Limeira, 1976. 163p. Tese (Doutorado) - Fac. Eng. de Limeira/UNICAMP.

- 130 SRIVASTAVA, A.K. Study on effects of soil compaction on rooting pattern of sugarcane. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, v.14, n.2, p.82-83, 1985.
- 131 STEVENSON, G.C. Investigation into the root development of the sugar cane in Barbados. II- Further observations on root development in several varieties under one environment. **Brisch West Indies Central Sugarcane Breeding Station Bulletin**, Barbados, 1936. 11p.
- 132 STEVENSON, G.C.; McINTOSH, A.E.S. Investigation into the root development of the sugar cane in Barbados. † Root development in several varieties under one environment. **Brisch West Indies Central Sugarcane Breeding Station Bulletin**, Barbados, 1935. 5p.)
- 133 STOLF, R. **Transplântio da soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com técnica de renovação da cultura**. Piracicaba: 1982. 119p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 134 SUGUITANI, C. **Fenologia da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob efeito do fósforo**. Piracicaba, 2001, 79p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 135 TAYLOR, H.M. **The rhizotron at Auburn, Alabama – a plant root observation laboratory**. Auburn Univ. Agric. Exp. Stn. 1969. (Circ. n.171)
- 136 TAYLOR, H.M. Managing root systems to reduce plant water deficits. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (Ed.) **THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZIL AGRICULTURE**. 1980, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981, p.45-60.
- 137 TAYLOR, H.M.; ARKIN, G.F. Root zone modification: fundamentals and alternatives. In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M. **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph, America Society of Agricultural Engineers, 1981. p.03-16.
- 138 TAYLOR, H.M.; BÖHM, W. Use of acrylic plastic as rhizotron windows. **Agronomy Journal**, Madison, n.68, p.693-694, 1976.
- 139 TAYLOR, H.M.; WILLATT, S.T. Utilization of rhizotrons in root research. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (Ed.) **THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZIL AGRICULTURE**. 1980, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981, p.319-337.
- 140 TERUEL, D.A.; BARBIERI, V.; FERRARO Jr., L.A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, número especial, p.39-44, 1997.

- 141 THOMPSON, G.D. The relationship of potential evaporation environment factors. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12, 1965, San Juan. **Proceedings...** Amsterdam, Elsevier, 1967, p.3-9.
- 142 THOMPSON, G.D. Water use by sugar cane. **South African Sugar Journal**, Durban, v.60, p.627-635, 1976.
- 143 TOKESHI, H. Perfilhamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.5, p.34-44, 1986.
- 144 TROUSE JUNIOR, A.C. Effects of soil compression on the development of sugarcane roots. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Amsterdam, Elsevier, 1967. p.137-152.
- 145 TROUSE JUNIOR, A.C.; HUMBERT, R.P. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. **Soil Science**, Baltimore, v.91, n.3, p.208-217, 1961.
- 146 VASCONCELOS, A.C.M. **Comportamento de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema**. Jaboticabal: 1998. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- 147 VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; LANDELL, M.G.A.; BARBOSA, J.C.; DORIZOTTO, P.H.; FOGAÇA, J.F. Desenvolvimento do sistema radicular e produtividades agroindustriais de cana-de-açúcar no Vale do Paranapanema. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., Londrina, 1999. **Anais...** São Paulo, STAB, 1999. p.78-81.
- 148 VASCONCELOS, A.C.M. As raízes da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.18, n.4, p.26, 2000.
- 149 VASCONCELOS, A.C.M. O sistema radicular da cana-de-açúcar e a expressão do potencial de produção. **STAB**, Piracicaba, v.21, n.2, p.20, 2002.
- 150 VITTI, G.A.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Informações Agrônomicas, 97)
- 151 WALDRON, J.C.; GLASZIOU, K.T.; BULL, T.A. The physiology of sugar cane. IX. Factors affecting photosynthesis and sugar storage. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v.20, p.1043-1052, 1967.

- 152 WEI, C.C., YANG, P.C. Investigations of sugar cane root distribution of two different varieties in the rhizotron. **Taiwan Sugar.**, v.34, n.2, p.8-11. 1987.
- 153 YANG, S.J. Soil physical properties and the growth of ratoon cane as influenced by mechanical harvesting. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 1978. p.835-847.
- 154 YOON, C.N. Growth studies on sugarcane: I. Dry matter production. **The Malaysian Agricultural Journal**, Kuala Lumpur, v.48, n.2, p.47-59, 1971.
- 155 ZANETTE, F.; COMIN, J.J. Estudo do sistema radicular das plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 20., 1992, Piracicaba. **Adubação, produtividade e ecologia: simpósio**. Campinas, Fundação Cargill: 1992. p. 395-403.

## **ANEXOS**



## ANEXO 01 – Justificativa da terminologia RADICIAL.

Conforme “Novo dicionário da língua portuguesa”, 2ª edição, 1838 p., 1986, Editora Nova Fronteira, de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira:

- Radical**. [De *radic (i)* + *al.*]. Relativo à raiz. Morfologia vegetal veja, radicular.
- Radicela**. [Do latim *radicella*, em lugar de *radícula*]. Morfologia vegetal. Raiz pequena e delgada.
- Radix (i)**. [Do latim *radix, icis*]. Elemento de Composição = ‘raiz’: radicívoro; radical.
- Radicícola**. [De *radic (i)* + *cola*]. Botânica. Que vive sobre raiz.
- Radiciforme**. [De *radic (i)* + *forme*]. Morfologia vegetal. Deforma semelhante à de uma raiz: rizoma radiciforme.
- Radicívoro**. [De *radic (i)* + *voro*]. Adjetivo. Que alimenta de raízes.
- Radícula**. Adjetivo. Botânica Variante. Sincopada de *radicícola*. [Cf. *radícula*].
- Radícula** [Do latim *radícula*]. Pequena raiz. Morfologia vegetal. Pequena raiz do embrião das plantas fanerogâmicas. [Em muitos embriões não há *radícula* diferenciada, mas apenas o meristema que formará a futura raiz]. [Cf. *radícula*].
- Radicular** [De *radícula* + *ar*] Adjetivo. Relativo à, ou que tem forma de raiz: folha radicular. Morfologia vegetal. Relativo à *radícula*.
- Raiz**. [Do latim *radice*]. Morfologia vegetal. Porção do eixo das plantas superiores que cresce para baixo, em geral dentro do solo, e cuja função principal é fixar o organismo vegetal e retirar do substrato os nutrientes e a água necessários à vida da planta.
- Raiz adventícia**. Morfologia vegetal. Qualquer raiz que não proceda da *radícula* do embrião ou da raiz primária. Pode ser subterrânea ou aérea.
- Raiz fasciculada**. Morfologia vegetal. Conjunto de raízes adventícias que substitui a raiz primária, abortiva nesses casos, e forma um feixe. É tipo peculiar às monocotiledôneas. [Sinônimo: raiz em cabeleira].

A utilização da expressão RADICIAL ao contrário de RADICULAR, se baseia nos seguintes argumentos: **-Radicial**. [Do latim *radice, radix, ixis*] [De *radic (i)* + *al*]. Terminologia utilizada neste trabalho, para caracterizar as raízes da cana-de-açúcar, uma vez que o plantio tradicional da cana-de-açúcar é realizada por meio de toletes, propagação vegetativa. Na região dos primórdios das raízes do tolete e posteriormente dos perfilhos, surgem as raízes adventícias, formando um sistema de raízes fasciculadas. Termo diferenciado da terminologia radicular, tradicionalmente, usada para o sistema de raízes originária da *radícula* do embrião ou da raiz primária (em muitos embriões não há *radícula* diferenciada, mas apenas o meristema que formará a futura raiz).

## ANEXO 02 - Observações meteorológicas coletadas na Estação do IAPAR, Paranavaí-PR, 1999 e 2000.

ANO	MÊS	PRECIPITAÇÃO. PLUVIOMÉTRICA		TEMPERATURA MÉDIA		UMIDADE RELATIVA MÉDIA.DIA <sup>1</sup> (%)	RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA (cal.cm <sup>2</sup> .dia)	RADIAÇÃO SOLAR MÁXIMA (W.m <sup>2</sup> )
		(mm)		(°c)				
		OCORRIDA	Nº.DIAS	MÁXIMA	MÍNIMA			
1999	JAN	192,2	13	30,4	21,1	78,6	509	1117,0
	FEV	194,1	13	31,2	21,6	79,6	521	1057,0
	MAR	100,4	9	31,1	21,3	74,0	505	993,0
	ABR	94,0	5	28,2	17,3	66,7	447	893,0
	MAI	85,2	6	25,1	14,3	68,1	367	799,0
	JUN	129,0	11	23,2	13,4	77,2	269	702,0
	JUL	113,5	4	25,2	14,6	71,3	316	720,0
	AGO	0,0	0,0	28,2	14,7	47,0	418	860,0
	SET	50,9	5	29,9	17,6	53,5	458	987,0
	OUT	69,3	5	29,7	17,2	63,0	513	1023,0
	NOV	49,1	6	30,0	17,5	56,9	555	1054,0
	DEZ	198,9	12	32,0	20,7	66,3	536	1078,0
2000	JAN	88,1	9	32,6	21,5	70,7	566	1073,0
	FEV	312,0	13	30,5	20,7	80,1	454	1053,0
	MAR	91,6	8	29,7	19,8	78,7	431	986,0
	ABR	59,6	2,0	30,0	18,2	63,7	435	873,0
	MAI	36,4	4	25,5	14,0	69,6	320	797,0
	JUN	89,4	9	26,2	15,6	68,7	276	691,0
	JUL	70,0	6	22,2	10,1	64,0	310	748,0
	AGO	165,6	9	26,6	15,8	68,0	311	836,0
	SET	218,6	8	26,4	16,1	74,1	350	950,0
	OUT	94,6	7	31,6	19,6	63,9	463	998,0
	NOV	125,8	11	30,6	19,4	72,5	493	957,0
	DEZ	129,6	10,0	30,8	20,2	72,9	471	1033,0

FONTE - ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS IAPAR/INEMET - SIMPAR

ANEXO 03 – Balanço hídrico, temperaturas médias e precipitações pluviométricas, de Paranavaí-PR. (latitude 23°05' S e longitude 52°26' W), 1999.

Meses/ano	Temperatura		Balanço hídrico (THORNTHWAITE – 1955/125 mm) (mm)								
	média (°C)		Precipitação								
	Máxima	Mínima	Total (mm)	N.º Dias	EP	ER	P-EP	ALT	DEF	EXC	ARM
JAN/99	30,4	21,1	192,2	13	142,7	142,7	49,5	49,5	0,0	0,0	121,5
FEV/99	31,2	21,6	194,1	13	124,2	124,2	69,9	3,0	0,0	66,9	125,0
MAR/99	31,1	21,3	100,4	9	129,2	126,4	-28,7	-26,0	2,7	0,0	99,0
ABR/99	28,2	17,3	94,0	5	86,4	86,4	7,6	7,6	0,0	0,0	106,6
MAI/99	25,1	14,3	85,2	6	57,0	57,0	28,2	18,0	0,0	10,2	125,0
JUN/99	23,2	13,4	129,0	11	42,7	42,7	86,3	0,0	0,0	86,3	125,0
JUL/99	25,2	14,6	113,5	4	55,8	55,8	57,7	0,0	0,0	57,7	125,0
AGO/99	28,2	14,7	0,0	0,0	79,4	60,0	-79,4	-60,0	19,4	0,0	65,0
SET/99	29,9	17,6	50,9	5	108,0	74,9	-57,1	-24,0	33,1	0,0	41,0
OUT/99	29,7	17,2	69,3	5	117,7	82,3	-48,4	-13,0	35,4	0,0	28,0
NOV/99	30,0	17,5	49,1	6	118,8	61,1	-69,7	-12,0	57,7	0,0	16,0
DEZ/99	32,0	20,7	198,9	12	154,4	154,4	44,5	44,5	0,0	0,0	60,5

FONTE: SEAB/ Estações Meteorológicas IAPAR/INEMET - SIMEPAR

ABREVIATURAS: EP=evapotranspiração potencial; ER=evapotranspiração real; P=precipitação pluviométrica; ALT= alteração; DEF=déficit; EXC=excesso; ARM=armazenamento

ANEXO 04 – Balanço hídrico, temperaturas médias e precipitações pluviométricas, de Paranavaí-PR. (latitude 23<sup>0</sup>05' S e longitude 52<sup>0</sup>26' W), 2000.

Meses/ano	Temperatura		Balanço hídrico (THORNTHWAITE – 1955/125 mm) (mm)								
	média (°C)		Precipitação								
	Máxima	Mínima	Total (mm)	Nº. Dias	EP	ER	P-EP	ALT	DEF	EXC	ARM
JAN/00	32,6	21,5	88,1	9	153,1	112,1	-65,0	-24,0	41,0	0,0	36,0
FEV/00	30,5	20,7	312,0	13	124,2	124,2	187,8	89,0	0,0	98,8	125,0
MAR/00	29,7	19,8	91,6	8	119,7	117,6	-28,1	-26,0	2,1	0,0	99,0
ABR/00	30,0	18,2	59,6	2,0	103,7	89,6	-44,1	-30,0	14,1	0,0	69,0
MAI/00	25,5	14,0	36,4	4	57,0	47,4	-20,6	-11,0	9,6	0,0	58,0
JUN/00	26,2	15,6	89,4	9	61,4	61,4	28,0	28,0	0,0	0,0	86,0
JUL/00	22,2	10,1	70,0	6	30,7	30,7	39,3	39,0	0,0	0,3	125,0
AGO/00	26,6	15,8	165,6	9	67,6	67,6	98,0	0,0	0,0	98,0	125,0
SET/00	26,4	16,1	218,6	8	81,0	81,0	137,6	0,0	0,0	137,6	125,0
OUT/00	31,6	19,6	94,6	7	134,1	129,6	-39,5	-35,0	4,5	0,0	90,0
NOV/00	30,6	19,4	125,8	11	125,4	125,4	0,4	0,4	0,0	0,0	90,4
DEZ/00	30,8	20,2	129,6	10,0	143,9	138,6	-14,3	-9,0	5,3	0,0	81,0

FONTE: SEAB/ Estações Meteorológicas IAPAR/INEMET - SIMEPAR

ABREVIATURAS: EP=evapotranspiração potencial; ER=evapotranspiração real; P=precipitação pluviométrica; ALT= alteração; DEF=déficit; EXC=excesso; ARM=armazenamento

## ANEXO 05 - Monitoramento da temperatura do solo, com termômetro digital GULterm 1001, com sonda intercambiáveis de termopar tipo K, Estação Experimental de

MÊS/ANO	D I A	cm	TEMPERATURA DO SOLO																							
			8 : 00 HORAS								12 : 00 HORAS								18 : 00 HORAS							
			RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (			
			2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2		
set./99	27	10	ARG	ARE	ARE	ARG					ARG	ARE	ARE	ARG					ARG	ARE	ARE	ARG				
		20	22,0	22,4	22,2	22,0	26,8	27,0	27,8	26,8	24,4	26,8	26,0	26,0	28,8	29,8	29,8	27,8	30,4	30,9	28,5	28,1	31,4	31,1		
		40	23,3	23,3	22,4	22,2					25,0	27,7	26,2	26,1					30,4	31,7	28,5	28,3				
		80	23,4	23,4	22,7	22,8					26,0	27,8	26,5	26,9					31,1	31,1	28,6	28,8				
		160	23,7	23,1	22,8	23,4					25,8	28,5	26,8	27,0					29,4	30,6	29	28,5				
	28	10																								
		20	24,4	23,5	22,8	23,5	27,8	27,8	27,2	27,1	21,8	23,0	24,0	25,1	26,2	26,8	27,1	27,4	29,4	29,5	27,1	26,8	27,8	27,2		
		40	25,8	24,5	23,8	24,4					22,1	23,4	24,8	25,8					29,8	30,1	27,4	27,4				
		80	25,5	25,1	24,3	24,6					22,8	24,4	25,8	27,0					30,8	30,5	27,8	28,0				
		160	25,1	24,8	24,5	24,9					22,8	25,0	26,5	26,9					28,8	30,0	28,4	27,8				
	29	10																								
		20	25,6	24,4	24,4	24,5	27,5	27,8	27,6	27,6	22,8	22,8	24,5	24	27,6	29	29,5	28,0	25,3	25,1	25,5	25,8	27,1	28,3		
		40	25,8	25,5	24,8	24,8					23,8	23,7	25	24,4					26,3	25,8	26,3	26,8				
		80	26,4	26,0	25,2	25,0					23,5	23,8	25,3	24,8					26,5	26,4	26,7	27,1				
		160	26,3	25,8	25,3	25,5					23,5	23,8	25,7	25,4					27,1	26,2	26,4	27,0				
	30	10																								
		20	20,5	19,3	18,8	20,2	25,2	25,7	24,7	25,6	19,3	20,5	23,1	23,5	27,7	27,7	27,7	27,1	25,8	27,4	26,0	25,6	26,8	26,8		
		40	19,9	20,4	19,6	22,1					20,1	21,3	23,7	23,4					25,5	27,8	26,0	26,0				
		80	20,1	20,2	19,4	21,5					20,3	21,3	23,5	23,5					26,4	27,6	27,0	26,6				
		160	20,2	20,6	20,1	20,7					20,8	21,5	23,5	23,4					26,5	27,4	26,4	26,3				
dez./99	13	10																								
		20	24,5	24,0	23,8	23,8	26,6	27,0	27,0	26,8	26,2	26,0	25,8	26,0	28,4	28,4	29,0	28,6	29,0	28,6	27,4	27,4	30,0	30,4		
		40	24,0	24,2	24,0	23,8					26,4	26,0	26,2	26,0					29,4	28,8	28,0	27,4				
		80	25,2	24,8	24,0	24,2					26,4	26,2	26,0	26,2					29,2	28,8	28,4	27,6				
		160	25,0	25,1	24,6	24,2					26,6	26,4	26,4	26,2					29,4	28,6	28,4	28,0				
	14	10																								
		20	23,0	23,0	22,8	23,0	25,8	26,0	26,0	26,2	26,2	26,0	25,8	26,0	28,3	28,6	27,8	28,0	28,1	28,0	27,8	27,8	31,2	31,0		
		40	23,2	22,8	22,8	23,0					26,2	26,2	26,2	26,2					28,3	28,0	28,2	27,6				
		80	23,2	23,1	23,0	23,4					26,8	26,4	26,2	26,2					28,6	28,4	28,4	27,8				
		160	23,4	23,2	23,0	23,6					26,8	26,4	26,4	26,0					28,6	28,8	28,4	27,9				
	15	10																								
		20	24,2	24,0	24,0	23,8	26,3	26,9	26,1	26,2	25,4	25,2	25,0	24,8	29,1	29,0	29,0	29,3	27,3	27,0	27,2	27,0	32,6	32,0		
		40	24,4	23,8	24,0	24,6					25,8	25,3	25,2	24,8					27,6	27,2	27,6	27,3				
		80	24,6	23,8	24,4	24,4					25,8	25,0	25,2	25,0					27,4	27,5	27,6	27,4				
		160	25,2	24,6	24,6	24,5					25,7	25,4	25,6	25,3					27,6	27,6	27,8	27,4				
	16	10																								
		20	24,0	24,0	23,8	23,6	26,6	26,8	26,4	26,6	26,2	26,0	25,8	25,0	29,2	29,4	29,0	29,6	27,0	27,0	27,2	27,1	31,6	32,0		
		40	24,2	24,0	23,8	24,0					26,4	26,2	26,4	26,2					27,4	27,0	27,4	27,3				
		80	24,2	24,4	24,0	24,0					26,4	26,2	26,4	26,4					27,6	27,4	27,6	27,6				
		160	24,4	24,3	24,2	24,2					26,4	26,0	26,4	26,4					27,6	27,6	28,1	27,6				
	17	10																								
		20	24,2	24,0	24,0	23,8	26,8	27,0	27,0	27,3	25,8	26,0	26,2	25,8	28,4	28,4	28,2	28,0	28,0	27,6	27,8	27,5	32,6	32,0		
		40	24,4	24,4	24,3	23,8					26,0	26,0	26,2	26,1					28,3	28,2	28,0	28,3				
		80	24,4	24,6	24,6	24,2					26,0	26,2	26,6	26,3					28,4	28,4	28,0	28,4				
		160	24,6	24,6	24,8	24,6					26,2	27,0	26,6	26,4					28,4	28,8	28,2	28,4				

\* Medição com GULterm 1001

\*\* FONTE: Estações Meteorológicas do IAPAR/INEMET - SIMEPAR

MÊS/ANO	D I A	cm	TEMPERATURA DO SOLO																																
			8 : 00 HORAS								12 : 00 HORAS								18 : 00 HORAS																
			RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)												
			2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4									
ARG		ARE		ARE		ARG		ARENOSO				ARG		ARE		ARE		ARG		ARENOSO				ARG		ARE		ARE		ARG		ARENOSO			
jan./00	24	10																																	
		20	28,9	28,8	29,3	29,5	31,5	33,1	31,9	30,8	28,8	28,2	28,9	28,7	33,1	33,8	33,8	32,7	30,7	30,7	30,5	30,6	33,6	34,0	33,9	33,0									
		40	30,9	29,8	30,1	31,0					30,2	29,1	29,7	30,1					31,1	31,1	30,9	31,0													
		80	30,9	30,5	30,5	31,0					30,4	29,9	30,3	30,3					31,3	31,3	31,1	31,1													
		160	30,8	30,5	30,5	30,8					30,2	30,1	30,3	30,3					31,4	31,7	31,1	31,1													
	25	10																																	
		20	27,9	28,0	28,4	28,5	32,5	32,5	32,2	32,7	26,8	26,5	28,1	27,8	33,5	32,4	31,1	29,7	32,3	32,4	32,4	31,5	38,6	37,8	36,4	36,7									
		40	28,8	28,6	29,0	29,6					27,2	27,2	28,7	28,5					31,5	32,3	32,4	31,8													
		80	30,0	29,5	29,4	30,5					28,1	27,7	29,3	29,4					31,5	32,3	32,5	32,1													
		160	30,8	30,3	30,2	30,5					29,0	28,5	30,8	30,4					32,7	33,3	33,2	32,8													
	26	10																																	
		20	29,1	29,0	29,5	29,8	32,5	33,5	33,3	33,1	27,5	27,5	26,2	26,5	33,7	34,7	34,2	33,4	31,7	31,9	31,8	31,5	36,6	37,3	33,0	34,1									
		40	30,1	29,8	30,3	30,7					28,8	28,4	26,3	27,5					31,9	32,2	32,1	31,8													
		80	31,0	30,6	30,6	30,8					29,2	29,1	26,8	28,0					32,0	32,1	32,4	32,1													
		160	31,4	30,5	30,6	30,7					29,4	29,2	26,9	27,3					32,5	32,6	32,6	32,4													
	27	10																																	
		20	28,6	28,0	27,9	27,6	30,8	31,5	31,5	31,4	27,4	26,4	27,1	27,2	30,1	30,0	30,9	29,3	29,7	29,5	29,8	29,7	35,8	25,7	32,5	24,5									
		40	29,7	29,0	28,6	28,7					28,1	27,1	27,5	28,1					30,1	30,0	30,5	30,5													
		80	29,8	29,2	28,7	28,9					28,4	27,4	28,0	28,7					30,3	30,1	30,8	31,1													
		160	30,1	29,2	28,6	28,9					28,4	27,4	29,1	29,4					30,8	30,4	31,8	31,8													
	28	10																																	
		20	24,0	25,0	25,0	24,0	27,0	27,6	27,3	26,8	26,7	26,2	25,0	24,5	31,0	30,5	29,7	30,3	28,8	29,1	29,6	31,4	35,4	35,4	35,0	34,7									
		40	24,8	24,9	24,5	23,8					27,6	27,1	25,4	25,6					29,3	29,3	30,0	31,7													
		80	25,6	25,7	24,6	25,1					27,8	27,3	26,3	26,8					29,3	29,1	30,3	32,0													
		160	25,9	26,2	25,2	25,1					28,0	27,4	26,0	26,6					30,4	30,6	31,0	32,4													
abr./00	3	10																																	
		20	22,5	22,8	23,2	23,3	24,3	24,2	23,5	23,6	24,1	23,6	23,4	24,0	26,6	27,0	26,3	26,6	24,4	23,0	23,3	24,2	27,6	28,0	28,2	27,9									
		40	23,0	23,3	23,5	23,7					24,3	23,6	23,6	24,2					24,6	23,2	23,6	24,6													
		80	23,4	23,5	23,6	24,0					24,6	23,8	23,8	24,4					25,0	23,5	23,6	24,6													
		160	23,8	23,6	23,8	24,3					25,0	24,0	24,0	24,7					25,4	23,8	24,0	25,0													
	4	10																																	
		20	18,6	18,8	19,6	19,8	25,6	26,0	24,4	24,8	25,2	25,0	25,1	25,4	26,3	26,8	26,0	25,9	25,6	25,6	25,4	25,8	28,3	29,0	28,4	28,8									
		40	19,0	19,3	20,4	20,3					25,6	25,2	25,4	25,4					25,9	25,0	25,6	26,1													
		80	19,3	20,1	20,8	20,6					25,8	25,2	25,6	25,8					26,0	25,6	25,8	26,2													
		160	20,0	20,5	21,0	21,3					26,2	26,0	25,6	26,4					26,3	25,8	26,0	26,6													
	5	10																																	
		20	16,6	15,9	18,0	18,2	20,8	22,0	19,1	20,4	25,4	25,4	25,5	25,6	27,4	27,6	27,0	28,0	26,2	26,0	26,6	27,0	28,6	29,0	29,3	28,4									
		40	16,8	16,7	18,3	19,0					25,6	25,6	26,0	26,1					26,3	26,6	26,6	27,4													
		80	16,8	17,5	18,4	19,4					26,0	25,8	26,3	26,2					26,6	26,8	27,0	27,6													
		160	17,0	17,5	18,5	19,4					26,6	26,0	26,6	26,8					27,0	27,4	27,2	26,9													
	6	10																																	
		20	18,8	18,0	18,4	18,0	21,0	21,4	20,6	21,0	25,2	25,0	25,3	25,4	27,6	27,8	26,6	27,6	26,3	26,1	26,4	26,6	27,8	28,3	28,0	27,6									
		40	20,3	18,2	18,6	18,4					25,6	25,4	25,8	25,6					26,4	26,4	26,6	26,8													
		80	20,5	18,6	19,0	18,4					25,7	25,8	26,2	26,0					26,6	26,7	26,6	27,2													
		160	21,3	20,8	19,4	19,0					26,0	25,8	26,4	26,3					26,6	27,1	27,0	27,4													
	7	10																																	
		20	19,8	19,8	20,4	21,8	24,3	24,4	23,0	22,8	24,6	24,2	24,6	24,8	28,3	28,2	26,6	27,4	25,2	25,0	25,0	25,2	27,8	28,0	27,6	27,8									
		40	20,4	20,6	20,8	22,6					24,8	24,4	24,9	25,0					25,3	25,4	25,4	25,4													
		80	21,8	21,5	21,8	23,1					25,0	24,4	25,1	25,2					25,4	25,4	25,6	25,7													
		160	22,6	22,0	22,4	23,1					25,0	24,8	25,3	25,4					25,5	25,8	25,7	26,0													

\* Medição com GULterm 1001

\*\* FONTE: Estações Meteorológicas do IAPAR/INEMET - SIMEPAR

## ANEXO 07 - Observações meteorológicas coletadas na Estação do IAPAR, Paranavaí-PR, 2000 e 2001.

ANO	MÊS	PRECIPITAÇÃO. PLUVIOMÉTRICA (mm)		TEMPERATURA MÉDIA (°C)		UMIDADE RELATIVA MÉDIA.DIA <sup>-1</sup> (%)	RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA (cal.cm <sup>2</sup> .dia)	RADIAÇÃO SOLAR MÁXIMA (W.m <sup>2</sup> )
		OCORRIDA	Nº. DIAS	MÁXIMA	MÍNIMA			
2000	JAN	88,1	9	32,6	21,5	70,7	566	1073,0
	FEV	312,0	13	30,5	20,7	80,1	454	1053,0
	MAR	91,6	8	29,7	19,8	78,7	431	986,0
	ABR	59,6	2,0	30,0	18,2	63,7	435	873,0
	MAI	36,4	4	25,5	14,0	69,6	320	797,0
	JUN	89,4	9	26,2	15,6	68,7	276	691,0
	JUL	70,0	6	22,2	10,1	64,0	310	748,0
	AGO	165,6	9	26,6	15,8	68,0	311	836,0
	SET	218,6	8	26,4	16,1	74,1	350	950,0
	OUT	94,6	7	31,6	19,6	63,9	463	998,0
	NOV	125,8	11	30,6	19,4	72,5	493	957,0
	DEZ	129,6	10,0	30,8	20,2	72,9	471	1033,0
2001	JAN	159,4	11	31,7	21,4	75,9	499	1034,0
	FEV	173,4	13	31,3	21,4	83,2	436	978,0
	MAR	196,2	12	31,6	21,0	78,9	435	935,0
	ABR	43,8	7	30,7	19,6	71,5	416	942,0
	MAI	169,6	10	24,7	14,3	78,0	309	811,0
	JUN	112,2	9	23,3	13,5	76,4	284	708,0
	JUL	31,2	5	25,9	14,7	66,9	327	775,0
	AGO	62,6	4	28,5	16,8	59,5	387	825,0
	SET	84,0	6	27,9	17,0	67,0	415	951,0
	OUT	63,0	5	30,2	18,6	61,8	503	1023,0
	NOV	144,8	11	30,5	19,8	75,2	467	1015,0
	DEZ	226,8	12	29,7	19,5	74,6	507	1045,0

FONTE:- ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS IAPAR/INEMET - SIMEPAR

ANEXO 08 – Balanço hídrico, temperaturas médias e precipitações pluviométricas, de Paranavaí-PR. (latitude 23°05' S e longitude 52°26' W), 2001.

Meses/ano	Temperatura		Precipitação Total (mm)	N.º Dias	Balanço hídrico (THORNTHWAITE – 1955/125 mm) (mm)						
	média (°C)				EP	ER	P-EP	ALT	DEF	EXC	ARM
	Máxima	Mínima									
JAN/01	31,7	21,4	159,4	11	153,1	153,1	6,3	6,3	0,0	0,0	87,3
FEV/01	31,3	21,4	173,4	13	124,2	124,2	49,2	38,0	0,0	11,2	125,0
MAR/01	31,6	21,0	196,2	12	129,2	129,2	67,1	0,0	0,0	67,1	125,0
ABR/01	30,7	19,6	43,8	7,0	109,4	95,8	-65,6	-52,0	13,6	0,0	73,0
MAI/01	24,7	14,3	169,6	10	57,0	57,0	112,6	52,0	0,0	60,6	125,0
JUN/01	23,3	13,5	112,2	9	42,7	42,7	69,5	0,0	0,0	69,5	125,0
JUL/01	25,9	14,7	31,2	5	55,8	54,2	-24,6	-23,0	1,6	0,0	102,0
AGO/01	28,5	16,8	62,6	4	88,2	82,6	-25,6	-20,0	5,6	0,0	82,0
SET/01	27,9	17,0	84,0	6	90,0	87,0	-6,0	-3,0	3,0	0,0	79,0
OUT/01	30,2	18,6	63,0	5	124,3	94,0	-61,3	-31,0	30,3	0,0	48,0
NOV/01	30,5	19,8	144,8	11	125,4	125,4	19,4	19,4	0,0	0,0	67,4
DEZ/01	29,7	19,5	226,8	12	133,4	133,4	93,4	58,0	0,0	35,4	125,0

FONTE: SEAB/ Estações Meteorológicas IAPAR/INEMET - SIMEPAR

ABREVIATURAS: EP=evapotranspiração potencial; ER=evapotranspiração real; P=precipitação pluviométrica; ALT= alteração; DEF=déficit; EXC=excesso; ARM=armazenamento



ANEXO 05 - Monitoramento da temperatura do solo, com termômetro digital GULLEMI 1001, com sonda intercambiáveis de termopar tipo R, Estação Experimental de F. Paraná, SC - UFPR, 2000.																																			
MÊS/ANO	D I A	cm	TEMPERATURA DO SOLO																				TEMPERATURA AMBIENTE*		TEMPERATURA DO AR**										
			8 : 00 HORAS								12 : 00 HORAS								18 : 00 HORAS								MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA					
			RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)												
			2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4									
ARG				ARE				ARENOSO				ARG				ARE				ARENOSO				ARG				ARE				ARENOSO			
ago./00	1	10																																	
		20	14,6	14,0	14,0	14,4	17,0	17,2	17,6	17,4	16,2	16,0	16,1	16,2	17,6	16,8	17,2	17,0	19,3	19,2	19,4	19,4	20,2	20,0	20,4	20,4	12,6 - 15,4 - 20,0		23,3	14,0					
		40	14,6	14,2	14,2	14,6					16,4	16,2	16,3	16,0					19,4	19,9	19,6	19,6													
		80	14,8	14,6	14,2	14,6					16,4	16,4	16,5	16,4					19,5	19,4	19,6	19,6													
		160	15,0	14,6	14,4	15,0					16,6	16,7	16,8	16,8					19,6	19,6	19,8	20,0													
	2	10																																	
		20	12,4	12,2	12,1	12,4	14,6	14,6	14,0	14,4	14,0	14,0	14,2	14,4	16,0	16,1	16,4	16,4	17,3	17,0	17,0	17,4	18,6	19,0	18,8	18,8	106 - 12,6 - 18,4		22,4	15,9					
		40	12,4	12,4	12,2	12,4					14,2	14,2	14,3	14,5					17,4	17,2	17,2	17,4													
		80	12,6	12,4	12,3	12,6					14,3	14,2	14,6	14,6					17,0	17,2	17,2	17,6													
		160	12,6	12,6	12,6	12,8					14,6	14,5	14,8	14,8					17,3	17,4	17,4	17,6													
	3	10																																	
		20	12,6	12,2	12,2	12,6	13,6	14,0	13,8	13,7	15,4	15,2	15,4	15,6	16,0	16,2	16,0	16,3	16,6	16,2	16,2	16,6	18,8	19,2	19,8	20,0	11,6 - 12,6 - 17,6		21,1	15,1					
		40	12,4	12,0	12,2	12,8					15,6	15,2	15,0	15,4					16,8	16,3	16,4	16,8													
		80	12,6	12,4	12,5	12,8					15,6	15,4	15,2	15,8					17,0	16,4	16,4	17,0													
		160	12,8	12,6	12,7	13,0					15,8	15,3	15,4	15,8					17,0	16,6	16,6	17,0													
	4	10																																	
		20	16,4	16,0	16,4	16,6	15,4	15,8	16,0	16,4	18,4	18,2	18,3	18,6	17,2	17,3	17,0	17,4	20,4	19,6	19,4	20,3	19,6	20,2	20,4	19,8	15,8 - 18,0 - 20,3		23,3	13,4					
		40	16,5	16,2	16,4	16,8					18,6	18,3	18,4	18,6					20,4	19,6	19,6	19,8													
		80	16,6	16,4	16,4	16,8					18,6	18,4	18,6	18,9					19,6	19,8	20,0	19,8													
		160	16,8	16,6	16,7	17,0					19,0	18,6	18,6	19,0					19,8	20,0	20,1	20,2													
nov./00	6	10																																	
		20	24,2	24,0	24,1	24,4	23,9	24,0	24,2	24,0	24,4	24,0	24,1	24,6	25,6	25,8	25,6	25,5	24,8	24,2	24,0	24,4	24,8	25,1	25,0	25,2	24,0 - 25,3 - 24,8		30,5	18,7					
		40	24,4	24,0	24,2	24,6					24,4	24,2	24,2	24,6					25,0	24,4	24,3	24,6													
		80	24,4	24,3	24,2	24,4					24,6	24,3	24,4	24,4					25,2	24,6	24,2	24,6													
		160	24,8	24,5	24,4	24,2					24,8	24,6	24,7	24,8					24,8	24,4	24,6	25,0													
	7	10																																	
		20	23,6	23,4	23,3	24,0	24,0	24,6	24,4	24,3	24,2	24,0	24,1	24,4	25,2	25,6	25,2	25,5	24,6	24,3	24,1	24,4	23,9	24,2	25,0	24,8	24,3 - 25,8 - 25,1		29,5	21,2					
		40	23,8	23,6	23,5	24,2					24,2	24,2	24,3	24,6					24,6	24,4	24,0	24,6													
		80	24,0	23,8	23,6	24,4					24,5	24,4	24,4	24,6					24,8	24,4	24,3	24,8													
		160	24,2	24,0	23,8	24,4					24,4	24,6	24,6	24,9					24,7	24,6	24,5	24,8													
	8	10																																	
		20	24,4	24,2	24,0	24,6	24,2	24,4	24,0	24,2									24,0	24,2	24,0	24,4	24,3	24,6	25,1	25,3	24,0 - 26,2 - 25,8		32,7	18,9					
		40	24,6	24,3	24,0	24,6													24,3	24,2	24,2	24,6													
		80	24,6	24,6	24,3	24,7							não feito						24,6	24,4	24,2	24,8													
		160	24,7	24,8	24,7	24,9													24,4	24,6	24,4	24,6													
	9	10																																	
		20	24,2	24,1	24,2	24,6	25,4	25,6	25,5	25,4	24,4	24,2	24,1	24,5	26,2	26,4	25,8	26,0											32,7	21,0					
		40	24,4	24,2	24,4	24,8					24,6	24,4	24,4	24,6																					
		80	24,4	24,3	24,6	25,0					25,0	24,4	24,6	25,0							não feito						23,6 - 24,1 -								
		160	24,6	24,7	24,8	24,8					25,2	24,6	24,6	25,3																					
10	10																																		
	20	23,4	23,1	23,0	23,5	24,6	25,0	25,0	25,1	24,4	24,0	23,4	24,2	25,6	26,0	26,2	25,8	24,0	24,1	23,8	24,3	24,4	24,3	24,6	24,4	22,8 - 23,3 - 23,4		33,9	20,5						
	40	23,6	23,2	23,4	23,6					24,4	23,8	23,8	24,2					24,2	24,0	24,0	24,2														
	80	23,8	23,4	23,4	2,6					24,2	24,2	24,0	24,6					24,6	23,8	24,6	24,2														
	160	24,0	23,6	23,6	23,8					24,0	24,4	24,0	24,7					24,4	24,2	24,8	24,4														

\* Medição com GULterm 1001

\*\* FONTE: Estações Meteorológicas do IAPAR/INEMET - SIMEPAR

ANEXO 10- Monitoramento da temperatura do solo, com termômetro digital GULterm 1001, com sonda intercambiáveis de termopar tipo K, Estação Experimental de Paranavaí, SCA - UFPR, 2001.

MÊS/ANO	D I A	cm	TEMPERATURA DO SOLO																				TEMPERATURA AMBIENTE*		TEMPERATURA DO AR**					
			8 : 00 HORAS								12 : 00 HORAS								18 : 00 HORAS								MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA
			RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)							
			2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4				
ARG	ARE	ARE	ARG	ARENOSO				ARG	ARE	ARE	ARG	ARENOSO				ARG	ARE	ARE	ARG	ARENOSO										
fev./01	5	10																												
		20	19,8	19,9	19,8	20,2	22,6	23,0	23,2	23,0	20,8	20,0	20,2	20,6	23,2	23,6	23,9	23,7	21,6	22,0	21,8	22,6	23,6	24,0	24,2	24,0	22,2 - 23,6 - 23,8		32,3	22,8
		40	20,0	19,6	19,8	19,8					21,0	19,8	20,4	20,8					22,8	22,2	22,0	22,8								
		80	20,0	20,0	20,0	20,0					22,0	20,0	20,6	21,0					23,0	22,0	21,9	23,0								
		160	20,0	20,0	20,2	20,3					20,9	20,1	20,4	20,8					23,4	22,4	22,2	23,2								
	6	10																												
		20	21,2	21,0	19,8	21,8	22,8	23,1	23,2	23,0	22,6	22,0	22,4	23,0	23,9	24,0	24,2	21,9	22,9	22,6	22,4	23,0	24,2	24,8	23,8	24,2	23,0 - 24,6 - 23,3		25,2	19,9
		40	21,0	21,2	20,6	21,4					22,8	21,9	22,3	22,6					23,0	22,2	22,6	23,1								
		80	21,4	21,3	20,6	21,3					23,0	22,4	22,0	22,8					23,4	22,4	22,5	23,0								
		160	21,6	21,2	21,0	21,4					23,0	22,1	22,1	22,7					23,2	22,0	22,3	23,9								
	7	10																												
		20	23,6	23,2	22,9	23,3	23,0	23,2	23,0	22,8									23,1	23,0	23,2	23,6	24,1	24,0	23,8	24,0	23,2 - 24,2		31,7	20,5
		40	23,3	23,4	23,0	23,2							não feito						23,2	23,0	23,1	23,4								
		80	23,3	23,2	23,9	22,9													23,2	23,2	23,2	23,4								
		160	23,4	23,1	23,2	23,1													23,3	22,9	23,1	23,5								
	8	10																												
		20	23,2	23,0	22,6	23,1	23,1	23,4	23,0	23,6	24,1	23,6	23,4	24,2	25,2	25,0	24,8	25,1	24,2	23,6	23,4	24,4	25,6	26,2	25,3	25,6	23,0 - 24,6 - 24,8		33,5	22,9
		40	23,4	22,8	22,8	23,1					24,0	23,0	23,6	24,0					24,1	23,7	23,6	24,6								
		80	23,4	22,7	23,0	22,8					24,2	23,8	23,6	23,8					24,0	23,8	23,6	24,2								
		160	23,8	22,8	23,1	22,8					24,0	23,7	23,8	23,9					23,8	23,8	23,0	24,5								
	9	10																												
		20	22,6	22,2	22,1	22,7	23,6	24,0	24,0	23,6	23,2	23,0	23,1	23,4	24,2	24,0	24,3	24,4	23,8	23,6	23,1	23,9	24,6	24,3	23,9	24,1	22,9 - 23,8 - 23,6		30,9	21,5
		40	22,4	22,2	21,9	22,3					23,4	23,2	23,0	23,4					24,0	23,4	23,0	24,0								
		80	22,6	22,4	21,8	22,4					23,3	23,2	22,8	23,0					23,9	23,4	23,2	23,8								
		160	22,2	22,0	22,0	22,2					23,1	23,0	22,6	23,2					23,6	23,2	23,4	24,0								
mar./01	5	10																												
		20	19,6	19,3	19,1	19,8	23,3	23,4	23,4	23,1	21,2	21,0	20,9	21,2	23,2	23,6	23,4	23,3	22,4	22,0	22,2	22,6	23,8	24,0	23,8	23,6	19,0 - 20,6 - 21,8		34,3	20,9
		40	19,4	19,4	19,0	20,0					21,4	21,2	20,8	21,3					22,2	21,8	22,0	22,5								
		80	19,4	19,2	19,2	19,6					21,3	20,8	20,7	21,3					22,1	21,7	22,0	22,5								
		160	19,2	19,2	19,1	19,7					21,4	20,9	20,8	21,1					22,0	21,7	21,8	22,0								
	6	10																												
		20	20,6	20,3	20,1	21,0	22,6	22,8	22,9	22,6	21,8	21,6	21,4	22,2	23,1	23,2	23,2	23,0	22,6	22,0	21,8	22,8	23,2	23,4	23,6	23,4	21,6 - 22,1 - 21,8		31,7	22,1
		40	20,4	20,0	20,0	19,8					21,4	21,5	21,2	22,1					22,4	21,9	21,6	23,0								
		80	20,2	19,8	20,0	19,6					21,3	21,5	21,0	22,0					22,4	21,8	21,4	22,6								
		160	20,1	19,6	20,2	19,3					21,2	21,2	20,7	22,0					22,1	21,5	21,2	22,4								
	7	10																												
		20	21,2	21,0	20,8	21,4	22,8	23,0	23,0	22,9	22,6	22,4	22,0	23,0	23,8	23,6	26,5	23,6	23,2	23,0	22,9	23,6	24,1	24,4	24,3	24,2	20,2 - 21,6 - 22,3		30,9	21,9
		40	21,4	20,6	20,6	21,3					22,5	22,3	22,2	22,9					23,4	22,8	22,7	23,4								
		80	21,3	20,4	20,4	21,3					22,5	22,2	21,7	22,6					23,1	22,6	22,6	23,2								
		160	21,2	20,3	20,3	21,0					22,6	22,1	21,7	22,3					23,0	22,4	22,4	23,1								
	8	10																												
		20	20,8	19,6	19,3	20,4	22,9	22,8	22,6	22,8	22,8	22,3	22,0	23,0	24,3	24,4	24,6	24,3	23,6	23,0	23,2	23,6	24,0	24,2	23,9	24,2	19,6 - 20,9 - 22,7		30,4	21,5
		40	20,6	19,4	19,4	20,6					22,6	22,4	21,9	23,0					23,4	22,9	23,1	23,5								
		80	20,6	19,3	19,2	20,3					22,5	22,2	21,8	22,8					23,4	22,8	23,0	23,4								
		160	20,4	19,0	19,1	20,4					22,2	22,1	21,5	22,4					23,1	22,6	22,7	23,3								
	9	10																												
		20	20,8	20,0	20,1	21,1	22,6	22,9	22,2	22,6	22,2	22,0	21,7	22,4	23,6	23,6	23,2	23,4	22,8	22,4	22,4	23,1	23,3	23,2	23,1	23,2	19,8 - 20,1 - 21,0		26,5	21,4
		40	20,6	19,6	20,0	20,7					22,1	21,7	21,6	22,2					22,6	22,1	22,3	23,0								
		80	20,4	19,4	20,0	20,6					21,8	21,5	21,5	22,0					22,6	22,0	22,2	22,7								
		160	20,2	19,1	19,8	20,3					21,6	21,2	21,5	21,9					22,2	22,1	21,9	22,3								

ANEXO 11 - Monitoramento da temperatura do solo, com termômetro digital GULterm 1001, com sonda intercambiáveis de termopar tipo K, Estação Experimental de Paranavai, SCA - UFPR, 2001.

MÊS/ANO	D I A	cm	TEMPERATURA DO SOLO																				TEMPERATURA AMBIENTE*		TEMPERATURA DO AR**						
			8 : 00 HORAS								12 : 00 HORAS								18 : 00 HORAS												
			RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)				RIZOTRON (janelas)				CAMPO (leituras)								
			2 ARG	5 ARE	8 ARE	9 ARG	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	2	5	8	9	1	2	3	4	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	
					ARENOSO								ARENOSO								ARENOSO										
jun./01	18	10																													
		20	11,6	11,2	11,4	11,6	14,0	14,2	14,1	13,9	15,6	15,3	15,4	15,6	17,0	16,8	17,1	17,0	14,6	14,3	14,4	14,5	16,2	16,4	16,3	16,1	10,3 - 11,6	- 10,4	9,7	8,1	
		40	11,4	11,2	11,5	11,5					15,4	15,2	15,4	15,6					14,6	14,2	14,3	14,5									
		80	11,3	11,2	11,6	11,5					15,4	15,2	15,3	15,4					14,4	14,2	14,1	14,3									
		160	11,2	11,0	11,5	11,4					15,3	15,1	15,1	15,3					14,4	14,1	14,2	14,1									
	19	10																													
		20	10,4	9,6	9,7	10,2	11,4	11,3	11,2	11,4	12,0	11,7	11,8	12,1	13,3	13,4	13,0	13,1	11,3	11,0	11,4	11,4	13,0	13,1	12,8	12,6	8,3 - 9,4	- 9,5	10,9	8,5	
		40	9,8	9,5	9,8	10,3					11,6	11,8	11,8	12,2					11,3	10,8	11,3	11,5									
		80	9,6	9,6	9,6	10,2					11,7	11,6	11,6	12,2					11,1	10,8	11,3	11,5									
		160	9,6	9,4	9,3	10,0					11,4	11,2	11,4	12,0					11,0	10,6	11,1	11,2									
	20	10																													
		20	10,6	10,2	10,0	10,8	11,4	11,0	11,2	10,8	11,8	11,3	11,4	12,0	13,2	13,1	13,0	13,2	10,8	10,3	10,5	11,0	11,6	11,8	11,6	11,5	6,8 - 9,2	- 7,7	13,7	5,2	
		40	10,6	10,2	10,0	10,8					11,9	11,3	11,3	11,8					10,6	10,2	10,0	10,9									
		80	10,4	10,1	9,8	10,6					11,8	11,2	11,2	11,8					10,6	10,2	10,4	10,8									
		160	10,3	9,9	9,8	10,5					11,6	11,0	11,2	11,6					10,6	10,0	10,2	10,8									
	21	10																													
		20	9,8	9,3	9,4	9,9	10,9	10,8	10,6	10,7	11,0	10,6	10,6	11,2	12,8	12,7	12,5	12,4	9,5	9,4	9,2	9,5	11,0	10,8	10,9	10,8	6,5 - 8,5	- 7,3	15,2	2,6	
		40	9,8	9,2	9,2	9,9					11,2	10,6	10,5	11,3					9,4	9,3	9,0	9,4									
		80	9,7	9,0	9,2	9,8					11,1	10,5	10,4	11,0					9,3	9,2	8,9	9,3									
		160	9,6	8,8	9,0	9,6					10,8	10,4	10,4	10,8					9,3	9,0	8,8	9,3									
	22	10																													
		20	8,6	8,3	8,4	8,6	10,8	10,6	10,6	10,5	9,3	9,0	9,2	9,4	10,2	10,3	10,4	10,3	9,4	9,1	9,2	9,6	10,0	9,8	9,8	9,7	5,6 - 6,8	- 5,9	18,7	5,2	
		40	8,4	8,3	8,3	8,5					9,4	9,1	9,3	9,3					9,5	9,0	9,0	9,6									
		80	8,5	8,2	8,3	8,5					9,3	9,0	9,2	9,3					9,4	9,0	8,8	9,2									
		160	8,4	8,1	8,2	8,3					9,1	8,9	9,0	9,0					9,2	8,8	8,6	9,3									
jul./01	2	10																													
		20	16,3	16,2	16,4	16,8	20,8	20,8	20,6	20,6	18,8	18,6	18,6	19,0	22,4	22,5	22,0	22,2	17,4	17,2	17,4	17,8	20,4	20,6	20,2	20,3	13,6 - 15,8	- 13,4	27,0	16,4	
		40	16,4	16,1	16,3	16,8					18,6	18,4	18,7	19,1					17,3	17,2	17,5	17,8									
		80	16,3	16,2	16,3	16,7					18,6	18,4	18,4	19,0					17,2	17,1	17,4	17,6									
		160	16,2	16,0	16,1	16,4					18,4	18,3	18,4	18,8					17,2	17,0	17,3	17,2									
	3	10																													
		20	17,4	17,2	17,4	17,7	22,4	22,5	22,8	22,6	20,4	20,2	20,4	20,6	23,6	23,4	23,3										14,8 - 16,2	-	28,4	17,6	
		40	17,5	17,3	17,3	17,6					20,4	20,1	20,3	20,7				23,2													
		80	17,6	17,3	17,3	17,6					20,2	20,0	20,3	20,6																	
		160	17,3	17,2	17,1	17,3					20,2	20,1	20,1	20,5																	
	4	10																													
		20	18,2	18,0	18,3	18,6	21,6	21,8	21,6	21,4	21,2	21,1	21,3	21,3	24,6	24,5	24,3	24,4	20,4	20,2	20,4	20,6	23,2	23,3	23,0	23,1	15,3 - 17,2	- 16,4	29,1	17,2	
		40	18,4	18,1	18,4	18,4					21,4	21,0	21,2	21,4					20,5	20,3	20,5	20,4									
		80	18,2	17,6	18,2	18,4					21,2	20,9	21,2	21,2					20,4	20,3	20,5	20,3									
		160	18,1	17,4	18,2	18,2					21,2	20,8	21,1	21,2					20,3	20,2	20,2	20,2									
	5	10																													
		20	18,6	18,2	18,3	18,8	21,8	22,0	21,7	21,9	21,7	21,6	21,4	21,8	23,8	23,9	23,8	23,7	20,7	20,6	20,6	20,8	22,8	23,0	22,7	22,7	15,6 - 17,6	- 16,0	29,6	18,1	
		40	18,4	18,3	18,3	18,9					21,8	21,4	21,4	21,8					20,8	20,4	20,7	20,8									
		80	18,4	18,2	18,2	18,4					21,7	21,5	21,2	21,6					20,6	20,4	20,6	20,7									
		160	18,3	18,0	18,1	18,4					21,6	21,3	21,2	21,5					20,4	20,2	20,4	20,5									
	6	10																													
		20	18,0	17,9	17,6	18,2	20,6	20,8	20,5	20,7	21,1	21,0	20,7	20,9	23,2	23,1	23,0	23,1	19,8	19,4	19,3	19,7	22,4	22,3	22,0	22,2	14,2 - 16,0	- 14,0	22,5	16,2	
		40	18,1	17,7	17,6	18,2					21,0	20,8	20,8	21,0					19,6	19,2	19,4	19,6									
		80	17,8	17,6	17,4	17,6					20,8	20,6	20,6	20,6					19,6	19,0	19,2	19,6									
		160	17,7	17,4	17,2	17,6					20,6	20,4	20,3	20,5					19,4	18,8	19,0	19,4									

\* Medição com GULterm 1001

\*\* FONTE: Estações Meteorológicas do IAPAR/INEMET - SIMEPAR